



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 796 113**

⑮ Int. Cl.:

**F03D 13/20** (2006.01)  
**F03D 80/00** (2006.01)  
**F03D 17/00** (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑯ Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.02.2018 PCT/CN2018/077197**

⑰ Fecha y número de publicación internacional: **14.03.2019 WO19047485**

⑯ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2018 E 18753040 (7)**

⑯ Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020 EP 3480453**

---

⑭ Título: **Aparato de cuerpo flotante para suprimir la vibración del cuerpo de torre**

⑩ Prioridad:

**11.09.2017 CN 201710812908**

⑮ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.11.2020**

⑬ Titular/es:

**BEIJING GOLDWIND SCIENCE & CREATION  
WINDPOWER EQUIPMENT CO., LTD. (100.0%)  
No. 19 Kangding Road Beijing  
Economic&Technological Development Zone  
Daxing District  
Beijing 100176, CN**

⑭ Inventor/es:

**MA, SHENGJUN**

⑭ Agente/Representante:

**VIDAL GONZÁLEZ, María Ester**

ES 2 796 113 T3

---

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Aparato de cuerpo flotante para suprimir la vibración del cuerpo de torre

5 **Campo**

La presente solicitud se refiere al campo técnico de la tecnología de la energía eólica y, en particular, se refiere a un dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración de una torre.

10 **Antecedentes**

Se hace referencia a la Figura 1-1, que es una vista esquemática que muestra la configuración de un equipo de generación de energía eólica.

15 La base del equipo de generación de energía eólica es una torre 10, que funciona para portar y encerrar todo el sistema. Tomando como ejemplo la torre 10 que tiene una sección transversal circular, la torre 10 puede ser un cilindro de acero o una combinación de un cilindro de acero y un cilindro de hormigón. La torre 10 lleva una góndola 30, un generador eléctrico y un rotor 20 del equipo de generación de energía eólica. Un sistema de generador de turbina eólica que incluye la torre 10, el rotor 20, la góndola 30 y el generador eléctrico realiza la tarea de obtener la energía eólica y convertir la energía eólica en energía eléctrica. La energía eléctrica convertida se transmite a través de un cable de transmisión de energía 40 o una barra colectora de transmisión de energía, el cable de transmisión de energía 40 que se muestra en la figura sale de la góndola 30 y está limitado en posición mediante un anillo de retención de cable en la parte superior de la torre 10, el anillo de retención de cable se fija en la placa de fijación de anillo de retención de cable 50, y luego el cable de transmisión de energía 40 pasa por un bastidor de montura 60 y cuelga a lo largo de una pared interna de la torre 10 a un armario convertidor 70. Un extremo inferior de la torre 10 está además provisto de una puerta de torre 80.

30 La energía eléctrica convertida es controlada por un armario de distribución del sistema generador de energía eólica, y se transmite, por medio del cable de transmisión de energía 40 o la barra colectora de transmisión de energía, a un convertidor (en el armario convertidor 70) que realiza la tarea de conversión de energía eléctrica, y luego, después de ser procesada por el convertidor, se puede obtener la energía eléctrica que puede cumplir con las reglas de conexión a la red de distribución. Por lo tanto, se puede decir que la torre 10 del equipo de generación de energía eólica es un poste de torre de generación de energía eólica, y desempeña principalmente un papel de apoyo en el equipo de generación de energía eólica.

35 Además, la torre 10 conlleva cargas de viento estructural generadas por la góndola 30, el rotor 20 y el generador eléctrico, o vibraciones a sotavento o de viento cruzado inducidas por las cargas de viento estructurales, es decir, conlleva un problema de vibración estructural inducida por el viento.

40 Se hace referencia a la Figura 1-2, que es una vista esquemática que muestra la elevación de la torre en secciones.

45 Actualmente, la torre 10 se instala habitualmente en secciones. Como se muestra en la Figura 1-2, de abajo hacia arriba, una primera sección de torre 11, una segunda sección de torre 12, una tercera sección de torre 13, una cuarta sección de torre 14 y una quinta sección de torre 15 están dispuestas secuencialmente. En un procedimiento de instalación del equipo de generación de energía eólica, la primera sección de torre 11 se instala primero en una base de cimentación 90 de la torre 10, luego otras secciones de la torre se elevan sección por sección, y después de que las secciones de la torre se conectan entre sí, una parte superior (la quinta sección de torre 15 en la Figura 1-2) de la torre 10 está unido a un sistema de guíñada de la góndola 30, la góndola 30 está empalmada al generador eléctrico, y luego el generador eléctrico (o una caja de engranajes) está empalmado con el rotor 20.

55 Un procedimiento de elevación específico se describe como sigue:

55 antes de elevar la torre 10, primero limpiar un anillo de cimentación de la base de cimentación 90 conectado a la primera sección de torre 11, colocar múltiples pernos (por ejemplo, 120 pernos) en un anillo interno del anillo de cimentación después de engrasar las roscas de los múltiples pernos, y al mismo tiempo elevar un armario de control del equipo de generación de energía eólica en el anillo de cimentación;

60 instalar una herramienta de elevación en un extremo superior de la primera sección de torre 11, donde una grúa principal se encarga de elevar el extremo superior de la primera sección de torre 11, e instalar una herramienta de elevación en un extremo inferior de la primera sección de torre 11 al mismo tiempo, donde una grúa auxiliar de la torre realiza la elevación; las dos grúas realizan la elevación al mismo tiempo, en el caso de que la altura de la primera sección de torre 11 sea mayor que el diámetro máximo de la primera

sección de torre 11, la grúa principal eleva el extremo superior de la primera sección de torre 11 y la grúa auxiliar se detiene; después de elevar la primera sección de torre 11 a una posición vertical al suelo, mover la grúa auxiliar y desmontar la herramienta de elevación en el extremo inferior de la primera sección de torre 11;

después de conectar una cara de brida de la primera sección de torre 11, montar los pernos de abajo hacia arriba, apretar las tuercas con una llave eléctrica después de montar las tuercas, las tuercas se aprietan al menos 3 veces (después de terminar los procedimientos de elevación de todo el equipo de generación de energía eólica el equipo, usar una llave dinamométrica para apretar las tuercas para la conexión de la torre para lograr el valor de par de torsión requerido);

los procedimientos de elevación del resto de las secciones de la torre son los mismos que en la primera sección de torre 11, y después de terminar de elevar una sección de torre más alta, se prepara la elevación de la góndola.

15 Los procedimientos de instalación anteriores de empalme y conexión se llevan a cabo bajo condiciones de vientos locales impredecibles en un ambiente de área pequeña de una planta de energía eólica. Por lo tanto, durante los procedimientos de elevación e instalación, a menudo se encuentran ráfagas de resistencia variable o vientos pequeños continuos. Como se describió anteriormente, estas ráfagas o vientos continuos pueden inducir vibraciones de la torre, destruyendo la estabilidad del recinto, poniendo en peligro la seguridad de las personas y el equipo en la obra y retrasando el período de instalación. Por ejemplo, después de levantar la cuarta sección de torre 14, la cuarta sección de torre 14 vibra, lo que hace que la quinta sección de torre 15 no pueda alinearse con la cuarta sección de torre 14, y los pernos apretados pueden incluso romperse bajo la acción de la vibración, poniendo en peligro la seguridad.

20

25 En la actualidad, los requisitos de seguridad de ingeniería de los procedimientos de elevación en la industria de la energía eólica estipulan claramente que, cuando la velocidad del viento sea superior a 6 m/s, se prohíbe la elevación de un conjunto de palas; cuando la velocidad del viento es superior a 8 m/s, se prohíbe el izado de la góndola; y cuando la velocidad del viento es superior a 10 m/s, se prohíbe la elevación de la torre. Se puede apreciar que el cronograma de elevación en el sitio y el período de instalación obviamente están limitados por las condiciones del viento en el área local. Para la construcción de la planta de energía eólica en zonas de gran altitud y alta montaña, es más probable que el período de instalación se vea afectado.

30

35 Se hace referencia ahora a las Figuras 2 y 3-6. La Figura 2 es una vista esquemática que muestra la estructura de una torre que tiene una determinada función de supresión de vibraciones; Las Figuras 3-1 a 3-6 son vistas esquemáticas que muestran las relaciones entre el desprendimiento de vórtices cilíndrico (separación del flujo circundante) y seis intervalos del número de Reynolds, respectivamente. De la Figura 3-1 a la Figura 3-6, los seis intervalos del número de Reynolds ( $Re$ ) son respectivamente,  $Re < 5$ ,  $5 < Re < 15$ ,  $40 < Re < 150$ ,  $150 < Re < 3 \times 10^5$ ,  $3 \times 10^5 < Re < 3 \times 10^6$ ,  $Re > 3 \times 10^6$

40 De acuerdo con diferentes patrones de flujo de aire que fluye alrededor de las estructuras de los objetos, las estructuras se clasifican en cuerpos romos y cuerpos flotantes tales como alas o velas de aviones.

En el caso de que  $Re < 5$ , el flujo de fluido puede adherirse a una superficie completa de un cuerpo cilíndrico, es decir, el flujo no está separado.

En el caso de que  $5 < Re < 40$ , el flujo sigue siendo simétrico, pero se produce la separación del flujo, se forman dos vórtices estables dispuestos simétricamente en un lado de sotavento, y los vórtices se alargan hacia afuera a medida que aumenta el número de Reynolds, dando como resultado una deformación.

50 En el caso de que  $40 < Re < 150$ , a partir de ese número de Reynolds  $Re=40$ , los vórtices pueden desprenderse alternativamente de una porción de la cola de la superficie del cuerpo cilíndrico y fluir hacia un fluido cerca de la parte posterior del cuerpo cilíndrico para formar una capa de corte; la capa de corte inestable pronto se convierte en vórtices para fluir corriente abajo, para formar la calle de vórtices de Kármán, es decir, la vibración inducida por vórtice. En este momento, el desprendimiento de vórtices es de forma regular y periódica.

55

En el caso de que  $150 < Re < 300$ , que corresponde a un período de transición del flujo laminar al flujo turbulento, durante este período, el desprendimiento periódico de vórtices está cubierto por un flujo de turbulencia irregular.

60 En el caso de que  $300 < Re < 3 \times 10^5$ , que se denomina región subcrítica, un flujo de estela del cuerpo cilíndrico después de caerse aparece principalmente como un flujo de estela turbulento, y el desprendimiento de vórtices comienza a ser irregular. El período de una frecuencia de desprendimiento de vórtices se puede determinar de forma aproximada, pero una fuerza perturbadora cuando los vórtices se están desprendiendo es aleatoria en lugar de simétrica.

En el caso de que  $3 \times 10^5 < Re < 3 \times 10^6$ , que se denomina región supercrítica, un punto de desprendimiento de vórtices se mueve hacia atrás, no se puede identificar la calle del vórtice y se forma un vórtice completamente aperiódico.

- 5 En el caso de que  $3 \times 10^6 < Re$ , que se denomina región transcrítica, un flujo de estela detrás del cuerpo cilíndrico es muy turbulento, sin embargo, también aparece un desprendimiento de vórtices regular.

10 Cuando el flujo de aire uniforme pasa (barre, fluye alrededor) de un cuerpo romo (cuerpo cilíndrico), el vórtice periódico que se desprende detrás de una sección transversal del cuerpo cilíndrico puede generar una fuerza periódicamente variable, es decir, una fuerza inducida por vórtice, sobre una estructura (una cara de contacto en una superficie de la torre). Un extremo inferior de la estructura de la torre alrededor del cual fluye el flujo de aire y la base de cimentación debajo del suelo constituyen un único sistema de vibración de extremo libre (es decir, el extremo superior de la torre está sumergido en el flujo de aire, y un extremo inferior de la torre está fijado en la base de cimentación). Cuando la frecuencia de desprendimiento de vórtices es consistente con una frecuencia 15 de vibración natural de cierto orden de la estructura de la torre, la fuerza periódica inducida por vórtice (fuerza desequilibrada) sobre la superficie de la torre puede causar una respuesta de resonancia inducida por vórtice de la estructura del sistema de la torre.

20 La condición de que la frecuencia de desprendimiento de vórtices sea igual a la frecuencia natural del sistema de vibración de la torre de un sistema estructural y la base del mismo solo puede satisfacerse a una cierta velocidad del viento. Sin embargo, el sistema de vibración de la torre y la base de la misma que tiene una frecuencia natural puede generar retroalimentación sobre el desprendimiento de vórtices, de modo que la frecuencia de desprendimiento de vórtices puede ser "capturada" por la frecuencia de vibración del sistema de vibración de la torre y la base de la misma dentro de un cierto intervalo de velocidad del viento, y la frecuencia de desprendimiento de vórtices puede no cambiar con el cambio de la velocidad del viento dentro de este intervalo 25 de velocidad del viento. Este fenómeno se llama bloqueo, y el bloqueo puede expandir el intervalo de velocidad del viento dentro del cual ocurre la resonancia inducida por vórtice de la estructura de la torre.

30 La altura de la torre de un moderno sistema de generador de turbina eólica a gran escala de megavatios puede alcanzar de 60m a 100 m. La parte superior de la torre 10 está montada con componentes principales tales como un cuadro principal, un cuadro auxiliar, un cubo de rueda y álabes (es decir, el rotor 20) y similares. Cuando el sistema de generador de turbina eólica está en funcionamiento, la torre 10 no solo soporta las cargas de la gravedad de los componentes en la parte superior de la torre 10 y la carga dinámica generada por la rotación del rotor, sino que también se ve afectada por viento natural, incluyendo formas que impactan a sotavento y del 35 viento cruzado. Un momento de flexión y una fuerza se aplican en la torre cuando el viento sopla el rotor para rotar, y el momento de flexión y la fuerza generada en la dirección a sotavento son las principales razones de daños a la torre 10. La turbulencia generada cuando el viento fluye alrededor de la torre 10 también provoca una vibración lateral que conduce al daño por resonancia de la torre 10.

40 Cuando el viento sopla a través de la torre 10, se generan pares de vórtices antisimétricos dispuestos alternativamente y que tienen direcciones de rotación opuestas en los lados izquierdo y derecho del flujo de la estela, es decir, los vórtices de Kármán. Los vórtices se desprenden de la torre 10 a una frecuencia determinada, de modo que se produce una vibración transversal perpendicular a la dirección del viento de la torre 10, que también se denomina vibración lateral inducida por el viento, es decir, la vibración inducida por vórtice. Cuando la 45 frecuencia de desprendimiento de vórtices está cerca de la frecuencia natural de la torre, la torre 10 es capaz de generar resonancia, destruyéndose de esta forma.

50 Con referencia a la Figura 3, un alambre en espiral 10a (o una placa en espiral) se enrolla alrededor de una pared exterior de la torre 10 para suprimir el desprendimiento de vórtices en la superficie de la torre 10. El alambre en espiral 10a (o la placa en espiral) tiene diferentes efectos de supresión de vibración lateral cuando se dispone en diferentes pasos de tornillo. El aumento de la altura del alambre en espiral 10a es beneficioso para dañar un período de liberación de calle de vórtice, por lo tanto, la generación y liberación de la calle del vórtice es más irregular, lo que es beneficioso para suprimir la vibración inducida por vórtice. Y mientras tanto, el ruido y la resistencia generada en el frente y en la parte posterior de la torre aumentan gradualmente, y aumenta la 55 amplitud de vibración de cabeceo a lo largo de la dirección del viento.

La solución técnica anterior tiene el siguiente problema técnico:

60 La velocidad del viento del flujo de aire cambia, y con la condición de que los parámetros característicos (paso de tornillo, altura) del alambre en espiral 10a (o la placa en espiral) se procesen para cambiar dependiendo de la velocidad del viento del flujo de aire, el correspondiente costo de fabricación y el costo de mantenimiento pueden incrementarse significativamente.

65 El documento CN 107013418 se refiere a un dispositivo para suprimir la vibración resonante de un conjunto generador de viento a gran escala, y particularmente a un dispositivo mecánico utilizado para suprimir la

vibración resonante cambiando la frecuencia inherente de un generador accionado por el viento al alterar la distribución de masa del conjunto de generación de energía eólica a gran escala. De acuerdo con el dispositivo mecánico para suprimir la vibración resonante del conjunto generador de viento a gran escala, los datos de vibración del conjunto generador de viento se pueden recopilar en tiempo real y una respuesta se realiza en consecuencia a tiempo; no es necesario ajustar las partes giratorias de los álabes, y la relación de utilización de energía eólica no se reduce.

El documento EP 2436924 divulga un carenado montable en una torre de turbina eólica para suprimir vibraciones no deseadas.

En vista de esto, un problema técnico que deben abordar los expertos en la técnica es mejorar la situación en la cual la instalación del equipo de generación de energía eólica está restringida por la condición del viento regional.

## 15 Sumario

De acuerdo con la presente solicitud, se proporciona un dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto, que puede mejorar la situación en la cual la instalación y el uso de un recinto están restringidos por una condición de viento regional.

Un dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto de acuerdo con la presente invención incluye un cuerpo flotante que rodea el recinto y un dispositivo de excitación que puede excitar el cuerpo flotante para que flote hacia arriba y hacia abajo; en el que el dispositivo de excitación incluye una cuerda conectada al cuerpo flotante.

De acuerdo con la invención, el dispositivo de excitación además incluye un actuador de soga, un extremo de la cuerda está conectado al cuerpo flotante, el otro extremo de la cuerda está conectado al actuador de soga; el actuador de soga controla la cuerda para extenderse y retraerse, a fin de excitar activamente el cuerpo flotante para que flote hacia arriba y hacia abajo.

Opcionalmente, el actuador de soga incluye un cabrestante enrollado por la cuerda y un servomotor que se utiliza para controlar el giro del cabrestante.

Opcionalmente, el dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto además incluye una polea, en la que la cuerda está conectada al actuador de soga a través de la polea, y la polea previene que la cuerda tire del cuerpo flotante en una dirección vertical.

Opcionalmente, el dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto incluye al menos dos cuerdas controladas por el mismo actuador de soga para extenderse y retraerse, en el que cada una de las cuerdas entra en el mismo actuador de soga a través de la polea correspondiente.

Opcionalmente, cada una de las poleas correspondientes a las cuerdas incluyen una polea de guía y una polea de limitación de altura; un lado exterior de la cuerda se enrolla alrededor de la polea de guía, luego se gira una dirección de la cuerda para que sea paralela a una dirección de extensión y retracción controlada por el actuador de soga, y la cuerda se conecta al actuador de soga a través de la polea de limitación de altura; la polea de limitación de altura se fija con respecto al recinto. El dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto además incluye un anillo giratorio, en el que el anillo giratorio atraviesa cada una de las poleas de guía, y el anillo giratorio funciona como un eje de todas las poleas de guía.

Opcionalmente, las poleas de guía son rodamientos.

De acuerdo con la invención, el dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto además incluye una plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento sobre la que está dispuesto el actuador de soga, una pista fijada en una base de cimentación o el recinto, y un motor de accionamiento utilizado para accionar la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento para que se mueva a lo largo de la pista. La plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento gira alrededor del recinto cuando se mueve a lo largo de la pista, para permitir que sigan las cuerdas, el actuador de soga y el cuerpo flotante.

Opcionalmente, una parte inferior de la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento está provista de ruedas de rodadura que se mueven a lo largo de la pista.

Opcionalmente, la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento está provista de un contrapeso.

Opcionalmente, el dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto además incluye un controlador, en el que el controlador controla el actuador de soga y/o el motor de accionamiento para que

arranque o pare.

Opcionalmente, el dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto además incluye un elemento de monitoreo de vibración para detectar la vibración del recinto y/o un sensor de velocidad del viento para medir la velocidad del viento en una ubicación donde se encuentra el recinto, en el que el controlador controla el actuador de soga para que arranque o pare de acuerdo con una señal de vibración detectada y/o una señal de velocidad de viento detectada.

Opcionalmente, el controlador controla un intervalo de extensión/retracción alternativa y una velocidad de extensión/retracción alternativa de la cuerda mediante el actuador de soga.

Opcionalmente, el dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto además incluye un elemento de detección de altura (707) para detectar una altura a la que se encuentra el cuerpo flotante, en el que el controlador controla, de acuerdo con la altura detectada, una extensión/intervalo de retracción de la cuerda accionada por el actuador de soga.

Opcionalmente, el controlador combina un cambio de la señal de vibración después de que el cuerpo flotante es impulsado por la extensión/retracción alternativa de la cuerda para subir y bajar, y la altura donde se encuentra el cuerpo flotante, para analizar una ley de control de vibración del cuerpo flotante bajo una velocidad y altura de viento predeterminadas, para controlar el cuerpo del flotador para que determine un intervalo y velocidad de subida y bajada de acuerdo con la velocidad y altura del viento.

Opcionalmente, el dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto además incluye un receptor inalámbrico para recibir una señal del elemento de detección de altura, en el que el elemento de detección de altura está dispuesto en el cuerpo flotante, y el receptor inalámbrico está dispuesto en la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento.

Opcionalmente, el dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto además incluye un indicador de viento para detectar una dirección del viento de una ubicación donde se encuentra el recinto, en el que el controlador controla el motor de accionamiento de acuerdo con la dirección del viento detectada, para hacer que la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento siga al cuerpo flotante para que rote; o, el dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto además incluye un elemento de detección de dirección para detectar una dirección del cuerpo flotante, en el que el controlador controla el motor de accionamiento de acuerdo con la dirección detectada del cuerpo flotante, para hacer que la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento siga al cuerpo flotante para que rote.

Opcionalmente, el cuerpo flotante tiene un borde frontal aerodinámico, y el borde frontal puede mirar hacia un flujo entrante a barlovento, para permitir que el flujo entrante a barlovento forme un ángulo de ataque positivo y/o un ángulo de ataque negativo. El cuerpo flotante también tiene una porción de cola opuesta al borde frontal, y una distancia entre el borde frontal y una pared exterior del recinto es menor que una distancia entre la porción de cola y la pared exterior del recinto, de modo que, bajo una acción del flujo entrante a barlovento, el borde frontal puede alinearse automáticamente con el flujo entrante a barlovento.

Opcionalmente, la cuerda es una cuerda elástica, o la cuerda tiene al menos una sección elástica, para recoger la energía fluctuante turbulenta del flujo entrante a barlovento, para excitar y ampliar un intervalo flotante hacia arriba y hacia abajo del cuerpo flotante.

Opcionalmente, el cuerpo flotante es anular, y una dimensión lateral de un orificio pasante central del cuerpo flotante satisface el requisito de que, en la parte superior del recinto, se proporcione una distancia predeterminada como una separación entre una pared interna del orificio pasante central del cuerpo flotante y la pared exterior del recinto, para romper una fuerza de flotabilidad generada por el flujo entrante a barlovento, a fin de lograr el auto equilibrio.

De acuerdo con la invención, el recinto incluye una torre de un sistema de generador de turbina eólica, una torre de televisión o una torre de anemómetro.

El cuerpo flotante de acuerdo con la presente solicitud está provisto de un dispositivo de excitación. El dispositivo de excitación puede instar al cuerpo flotante a flotar hacia arriba y hacia abajo. Cuando el cuerpo flotante flota hacia arriba y hacia abajo para realizar un "barrido", es equivalente que una capa límite del flujo de aire en la pared exterior de la torre se "refresque" continuamente, por lo que se destruye la capa límite del flujo de aire en la pared exterior de la torre. De acuerdo con el principio de formación de la vibración de la calle de vórtices de Kármán descrita en los antecedentes, después de que se destruye la capa límite, se evita la formación de los vórtices a dos lados detrás de la torre, lo que suprime directamente la causa de la vibración inducida por vórtice.

Además, debido a un cambio de la flotación hacia arriba y hacia abajo del cuerpo flotante, cuando el flujo

entrante a barlovento fluye alrededor de la torre para entrar en contacto con el cuerpo flotante, se obtiene un cambio de una configuración aerodinámica, por lo tanto, la configuración aerodinámica y el ángulo de ataque del flujo entrante a barlovento se modifican aún más. Entonces, un coeficiente aerodinámico C de la torre con respecto al flujo de aire de derivación aerodinámico es menor, se puede entender que se reduce una resistencia, 5 que también puede reducir una amplitud de vibración A de una resonancia inducida por vórtice y reducir la vibración.

El análisis cuantitativo puede realizarse adicionalmente. Cuando la configuración aerodinámica se vuelve ovalada, el coeficiente aerodinámico C puede reducirse de un valor general de 1,2 a aproximadamente 0,6 o 10 incluso más pequeño, por lo que la resistencia puede reducirse en gran medida y, por lo tanto, la vibración puede reducirse. Se puede entender vívidamente que, cuando el flujo entrante a barlovento atraviesa la torre horizontalmente, la configuración aerodinámica en contacto con la superficie exterior de la torre es circular, que pertenece al cuerpo contundente. Se requiere que la dirección del viento cambie repentinamente, lo que puede 15 causar una gran fuerza desequilibrada. Sin embargo, después de que cambia el ángulo de ataque, la configuración aerodinámica es ovalada, una pista de movimiento hacia atrás (es decir, a favor del viento) del fluido (es decir, el flujo de aire) a lo largo de la superficie de la torre se alarga, un ángulo de contacto entre el fluido y la pared exterior de la torre cambia, y dado que el flujo de aire aumenta, el ángulo de contacto se vuelve 20 más pequeño y cambia lentamente de acuerdo con la dirección del viento, es beneficioso suprimir la ocurrencia del flujo de derivación del flujo de aire que fluye alrededor de la pared exterior de la torre, para suprimir la generación de la fuerza desequilibrada de viento cruzado de la torre, y de esta forma reducir la vibración causada por la fuerza desequilibrada en un procedimiento de acoplamiento del flujo de aire y la pared exterior de la torre.

La flotación hacia arriba y hacia abajo del cuerpo flotante no solo destruye la capa límite del flujo de aire en la pared exterior de la torre 100, sino que también altera las secciones superior e inferior de un campo de flujo cercano, interrumpiendo de esta forma la correlación del flujo de aire a barlovento cerca del cuerpo flotante 200. La correlación del flujo de aire a barlovento se ve alterada, lo que a su vez perturba la consistencia de la 25 frecuencia de desprendimiento de vórtices de flujo de aire entre el cuerpo flotante y otras posiciones, debilitando de esta forma una acción combinada del mismo, reduciendo o evitando la respuesta inducida por vórtice del desprendimiento de flujo de derivación de la capa límite en la pared exterior de la torre y evitando de esta forma la vibración inducida por vórtice de la torre.

#### Breve descripción de los dibujos

35 La Figura 1-1 es una vista esquemática que muestra la configuración del equipo de generación de energía eólica;

La Figura 1-2 es una vista esquemática que muestra la elevación de la torre en secciones;

40 La Figura 2 es una vista esquemática que muestra la estructura de una torre que tiene una determinada función de supresión de vibraciones;

45 La Figura 3-1 a la Figura 3-6 son vistas esquemáticas que muestran las relaciones entre el desprendimiento de vórtices cilíndrico (evitando el desprendimiento de flujo) y seis intervalos del número de Reynolds respectivamente.

La Figura 4 es una vista esquemática que muestra la estructura de una torre rodeada por un cuerpo flotante de acuerdo con una realización específica de la presente solicitud;

50 La Figura 5-1 es una vista esquemática parcialmente ampliada que muestra una porción A en la Figura 4;

La Figura 5-2 es una vista superior que muestra el cuerpo flotante que rodea la torre de la Figura 4;

La Figura 5-3 es una vista superior que muestra el cuerpo flotante de la Figura 4;

55 La Figura 5-4 es una vista esquemática parcialmente ampliada que muestra una porción I en la Figura 5-3;

La Figura 5-5 es una vista esquemática que muestra el cuerpo flotante de la Figura 4 balanceándose con el cambio de la dirección del viento del flujo entrante a barlovento;

60 La Figura 6 es una vista esquemática que muestra un ángulo de ataque en forma de ala;

La Figura 7 es una vista esquemática que muestra una configuración aerodinámica cuando la torre 100 no está rodeada por el cuerpo flotante 200;

65 La Figura 8 es una vista en perspectiva esquemática que muestra los cambios del ángulo de ataque y la

configuración aerodinámica en el caso del flujo entrante a barlovento en la Figura 4;

La Figura 9 es una vista esquemática que muestra la relación entre el número de Strouhal y el número de Reynolds en una superficie exterior de la torre;

5 La Figura 10 es una vista esquemática que muestra el cuerpo flotante en la Figura 4 flotando hacia arriba o hacia abajo;

10 La Figura 11 es una vista esquemática que muestra una fuerza de viento fluctuante total formada por el flujo entrante a barlovento que fluye alrededor de la torre que se debilita cuando el cuerpo flotante flota hacia arriba y hacia abajo;

La Figura 12 es una vista esquemática que muestra la estructura de otro cuerpo flotante;

15 La Figura 13 es una vista esquemática que muestra el cambio de una separación S entre la torre y el cuerpo flotante 200 cuando el cuerpo flotante en la Figura 4 está en diferentes posiciones de la flotación hacia arriba y hacia abajo;

20 La Figura 14 es una vista esquemática que muestra el flujo de aire que fluye hacia arriba desde la separación S;

La Figura 15 es una vista superior que muestra otro cuerpo flotante;

25 La Figura 16 es una vista esquemática que muestra el flujo de aire en diferentes posiciones del cuerpo flotante en la Figura 4 cuando el cuerpo flotante flota;

La Figura 17 es una vista esquemática parcialmente ampliada que muestra una porción II en la Figura 16;

30 La Figura 18 es una vista esquemática que muestra una parte de una superficie exterior lateral interior del cuerpo flotante en la Figura 4 desplegada, en la que una esfera elástica 203 no se comprime;

La Figura 19 es una vista esquemática que muestra la esfera elástica en la Figura 18 que se comprime;

35 La Figura 20 es una vista esquemática parcialmente ampliada que muestra una porción III de la Figura 19;

La Figura 21 es una vista esquemática ampliada que muestra un dispositivo de recuperación con el cuerpo flotante recuperado en la Figura 4;

40 La Figura 22 es una vista superior que muestra el cuerpo flotante de la Figura 21;

La Figura 23 es una vista esquemática que muestra la vibración de cabeceo de la torre;

La Figura 24 es una vista esquemática que muestra un procedimiento de instalación de la góndola cuando se suprime la vibración después de proporcionar el cuerpo flotante.

45 Números de referencia en las Figuras 1-1 a 3-6:

50	10	torre	11	primera sección de torre,
	12	segunda sección de torre,	13	tercera sección de torre,
	14	cuarta sección de torre,	15	quinta sección de torre,
	10a	alambre en espiral,	20	rotor,
	30	góndola,	40	cable de transmisión de energía
55	50	placa de fijación de anillo de retención de cable,	60	bastidor de montura,
	70	armario convertidor,	80	puerta de torre,
	90	base de cimentación;		

60 Números de referencia en las Figuras 4 a 24:

100	torre	101	primera sección de torre,
102	segunda sección de torre,	103	tercera sección de torre
104	cuarta sección de torre,	105	quinta sección de torre,

	200	cuerpo flotante,	201	borde frontal,
	202	porción de cola,	203	esfera elástica,
5	203a	porción oculta,	203b	porción expuesta,
	204	núcleo de válvula,	205	tubería interna,
	206	cerradura electrónica inalámbrica,	207	orificio pasante central,
	200a	superficie exterior de lado exterior,	200b	superficie exterior de lado interior,
10	200c	cara de empalme,	300	base de cimentación,
	400	góndola,	401	dispositivo de recolección de gas,
	402	apertura de recuperación,	403	tubo de recuperación,
	500	rotor,	600	cuerda,
15	601	sección de cuerda,	602	sección de resorte,
	701	primera polea de guía,	702	primera polea de limitación de altura,
	703	segunda polea de guía,	704	segunda polea de limitación de altura,
20	705	anillo giratorio,	706	actuador de soga,
	707	receptor inalámbrico	707'	elemento de detección de altura,
	800	plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento,		
	801	motor de accionamiento,	802	rueda rodante,
25	803	pista,	S	separación,
	R	canal de flujo convergente-divergente,		
	R1	canal de flujo convergente-divergente,		
30	R2	garganta,	R3	canal de flujo divergente.

#### Descripción detallada

35 Para que los expertos en la técnica entiendan mejor las soluciones técnicas de la presente solicitud, la presente solicitud se puede describir adicionalmente en detalle junto con los dibujos y realizaciones a continuación.

Se hace referencia a la Figura 4, que es una vista esquemática que muestra la estructura de una torre rodeada por un cuerpo flotante de acuerdo con una realización específica de la presente solicitud; la Figura 5-1 es una vista esquemática parcialmente ampliada que muestra una parte A en la Figura 4; La Figura 5-2 es una vista superior que muestra el cuerpo flotante que rodea la torre de la Figura 4; La Figura 5-3 es una vista superior que muestra el cuerpo flotante de la Figura 4; La Figura 5-4 es una vista esquemática parcialmente ampliada que muestra una porción I en la Figura 5-3; y la Figura 5-5 es una vista esquemática que muestra que el cuerpo flotante en la Figura 4 se balancea con el cambio de la dirección del viento del flujo entrante a barlovento.

45 Como se muestra en la Figura 4, la torre 100 está instalada en una base de cimentación 300. La torre 100 está formada por cinco secciones de torre conectadas de abajo hacia arriba en secuencia, las cinco secciones de torre son respectivamente una primera sección de torre 101, una segunda sección de torre 102, una tercera sección de torre 103, una cuarta sección de torre 104 y una quinta sección de torre 105 mostrada en la figura. Se puede entender que las secciones de la torre 100 no están limitadas a cinco secciones.

50 55 Un cuerpo flotante 200 envuelve la torre 100. Como se muestra en la Figura 4, el cuerpo flotante 200 rodea la cuarta sección 104 de la torre 100. Con referencia a la Figura 5-2, el cuerpo flotante 200 tiene la forma de un anillo completo y tiene un orificio pasante 207 en el medio, de modo que el cuerpo flotante 200 puede rodear la torre 100 y acomodar la torre 100.

60 65 El cuerpo flotante 200 de acuerdo con la presente solicitud significa que el cuerpo flotante 200 puede flotar en el aire sin caerse. Hay muchas formas de realizar esto. Por ejemplo, el cuerpo flotante 200 en esta realización tiene específicamente la forma de un "pez", como se muestra en la Figura 5-2, el cuerpo flotante 200 es una estructura biónica, un extremo izquierdo del mismo es un borde frontal 201 del cuerpo flotante 200, correspondiente a la posición de una "boca de pez", y un extremo derecho es una porción de cola 202 del cuerpo flotante 200, correspondiente a una "cola de pez". Cuando el cuerpo flotante 200 tiene la forma del pez aerodinámico, de acuerdo con el principio de flotación, el cuerpo flotante 200 de esta estructura puede flotar automáticamente en el aire bajo el efecto de un flujo entrante a barlovento, e incluso si el viento es pequeño, el cuerpo flotante 200 también puede flotar, lo cual es similar al principio de un pez flotando en el agua. De acuerdo con la invención, un interior del cuerpo flotante 200 se llena directamente con un gas que tiene una densidad menor que la del

aire, que también puede lograr la flotación. Además, el cuerpo flotante 200 no solo puede llenarse con un gas de baja densidad, sino que también puede estar diseñado para tener una forma aerodinámica.

5 En esta realización, además se proporciona un dispositivo de excitación para excitar el cuerpo flotante 200 para que flote hacia arriba y hacia abajo. El dispositivo de excitación incluye específicamente una cuerda 600 conectada al cuerpo flotante 200 para evitar que el cuerpo flotante 200 se caiga de la torre 100. En la Figura 4, un extremo de la cuerda 600 está conectado al cuerpo flotante 200, y el otro extremo de la cuerda está conectado a un actuador de soga 706 (que puede describirse en detalle en lo sucesivo). Como se describió anteriormente, el cuerpo flotante 200 puede flotar en el aire, y cuando la fuerza del viento es constante, el cuerpo flotante 200 está sustancialmente a la misma altura; cuando cambia la fuerza del viento, la altura flotante del cuerpo flotante 200 cambia en cierto grado. El dispositivo de excitación descrito en la presente memoria se usa para instar al cuerpo flotante 200 a subir y bajar, es decir, a moverse hacia arriba y hacia abajo dentro de un cierto intervalo.

10 15 En esta realización, el dispositivo de excitación excita el cuerpo flotante 200 para flotar en las direcciones hacia arriba y hacia abajo de la torre 100. Como se muestra en las Figuras 10 y 11, la Figura 10 es una vista esquemática que muestra que el cuerpo flotante en la Figura 4 flota hacia arriba o hacia abajo; y la Figura 11 es una vista esquemática que muestra una fuerza de viento fluctuante total formada por el flujo entrante a barlovento que fluye alrededor de la torre debilitada cuando el cuerpo flotante flota hacia arriba y hacia abajo.

20 25 En esta realización, la torre 100 está rodeada por un solo cuerpo flotante 200, que puede flotar hasta la quinta sección de torre 105, o también puede flotar hacia la tercera sección de torre 103 que se muestra en la Figura 10. Por supuesto, los dibujos son descripciones ejemplares, y una región de altura flotante específica no está limitada a los mismos.

30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 9320 9325 9330 9335 9340 9345 9350 9355 9360 9365 9370 9375 9380 9385 9390 9395 9400 9405 9410 9415 9420 9425 9430 9435 9440 9445 9450 9455 9460 9465 9470 9475 9480 9485 9490 9495 9500 9505 9510 9515 9520 9525 9530 9535 9540 9545 9550 9555 9560 9565 9570 9575 9580 9585 9590 9595 9600 9605 9610 9615 9620 9625 9630 9635 9640 9645 9650 9655 9660 9665 9670 9675 9680 9685 9690 9695 9700 9705 9710 9715 9720 9725 9730 9735 9740 9745 9750 9755 9760 9765 9770 9775 9780 9785 9790 9795 9800 9805 9810 9815 9820 9825 9830 9835 9840 9845 9850 9855 9860 9865 9870 9875 9880 9885 9890 9895 9900 9905 9910 9915 9920 9925 9930 9935 9940 9945 9950 9955 9960 9965 9970 9975 9980 9985 9990 9995 10000 10005 10010 10015 10020 10025 10030 10035 10040 10045 10050 10055 10060 10065 10070 10075 10080 10085 10090 10095 10100 10105 10110 10115 10120 10125 10130 10135 10140 10145 10150 10155 10160 10165 10170 10175 10180 10185 10190 10195 10200 10205 10210 10215 10220 10225 10230 10235 10240 10245 10250 10255 10260 10265 10270 10275 10280 10285 10290 10295 10300 10305 10310 10315 10320 10325 10330 10335 10340 10345 10350 10355 10360 10365 10370 10375 10380 10385 10390 10395 10400 10405 10410 10415 10420 10425 10430 10435 10440 10445 10450 10455 10460 10465 10470 10475 10480 10485

se refiere específicamente a un valor de función formado por una fuerza de elevación y una resistencia que actúa sobre el misil y la aeronave en un estado de vuelo, y las direcciones y la magnitud de los mismos, y factores objetivos que pueden afectar el vuelo del vehículo aéreo, tales como una sección transversal, una longitud, el empuje y la estabilidad del vehículo aéreo. La configuración del vehículo aéreo está determinada por el valor de la función.

Cuando cambia la dirección del flujo entrante a barlovento, la configuración aerodinámica cambia en consecuencia. En el caso de que el flujo entrante a barlovento sea horizontal, la configuración aerodinámica tiene forma circular. Como se muestra en la Figura 7, en el caso de que el flujo entrante a barlovento entre en contacto con la torre 100 horizontalmente, las configuraciones aerodinámicas son todas de forma circular, que son cuerpos romos. En la Figura 8, una posición de la quinta sección de torre 105 no está provista con el cuerpo flotante 200, y la configuración aerodinámica también tiene forma circular (es decir, una forma de sección transversal de la torre 100). Cuando el flujo de aire está inclinado hacia arriba o hacia abajo, las configuraciones aerodinámicas pueden ser de forma ovalada. El cambio de la configuración aerodinámica de la torre 100 causado por la forma aerodinámica del cuerpo flotante 200 también varía. Como se muestra en la Figura 8, una configuración aerodinámica de forma ovalada en una porción media tiene un ángulo de ataque pequeño; en comparación con la configuración aerodinámica de forma ovalada en la porción media, una configuración aerodinámica de forma ovalada en una porción inferior tiene una mayor relación del eje largo al eje corto, y tiene un ángulo de ataque relativamente grande, y es más aerodinámica.

Debe entenderse que, para la torre 100 sumergida en el fluido, se generan vórtices de flujo de aire cuando el fluido (tal como el flujo de aire en una planta de energía eólica) fluye o barre a través de una superficie exterior de la torre 100, debido a una fuerza desequilibrada causada por los vórtices del flujo de aire que se desprenden alternativamente desde ambos lados de la torre 100 (que es un cuerpo romo) para dejar una superficie de la torre 100, se genera una fuerza lateral que apunta al lado de la torre en las posiciones donde los vórtices de flujo de aire son vertidos a ambos lados de la torre 100. La torre 100 está hecha para realizar una vibración forzada en una dirección de viento cruzado (una porción inferior de la torre 100 es arrastrada por una porción superior y una porción media de la torre 100) que es similar a la vibración armónica simple (es decir, sinusoidal) de los vórtices que barren alternativamente de esta manera, lo que se llama resonancia inducida por vórtice. Es decir, la resonancia inducida por vórtice causada por la vibración inducida por el fenómeno de calle de vórtices de Kármán mencionado en los antecedentes.

Cuando la torre 100 genera una resonancia inducida por vórtice, una fuerza inducida por vórtice (es decir, la fuerza desequilibrada) que actúa sobre la superficie exterior de la torre 100 es aproximadamente una fuerza armónica  $F(t)$ :

$$F(t) = F_0 \sin \omega t \quad (1)$$

donde,  $\omega(Re, St)$  es una frecuencia de desprendimiento de vórtices, y  $\omega t$  en su conjunto es una variable;

$Re$  es el número de Reynolds,  $St$  es el número de Strouhal;

$F_0$  es un valor de amplitud de la fuerza inducida por vórtice,  $F_0 = (\rho U^2/2)CD$ ;

$\rho$  es la densidad del flujo entrante a barlovento para la torre 100;

$U$  es una velocidad del viento del flujo entrante a barlovento para la torre 100;

$C$  es un coeficiente aerodinámico de una sección de la estructura de la torre 100; el coeficiente aerodinámico también se denomina coeficiente de forma de carga de viento, que es una relación de una presión (o succión) formada por el viento en una superficie de una estructura de ingeniería a una presión teórica del viento calculada de acuerdo con la velocidad del flujo entrante. El coeficiente aerodinámico refleja la distribución de una presión de viento estable en las superficies de la estructura de ingeniería y un edificio y varía con diferentes formas, escalas, condiciones de protección del edificio, dirección del flujo de aire y similares;

$D$  es una dimensión característica cuando el fluido barre la superficie exterior de la estructura de la torre 100, y es la dimensión característica de una estructura espacial formada por un obstáculo que enfrenta el fluido cuando el fluido pasa a través del obstáculo o fluye alrededor del obstáculo, que es un término general en el campo de la transferencia de calor. En esta realización, se refiere a la dimensión característica de una superficie de contacto entre el recinto (una forma de la superficie exterior de la torre en la presente memoria) y el fluido (el flujo de aire en la presente memoria), generalmente se emplea un ancho estructural perpendicular a la dirección del viento, que en la presente memoria es un diámetro exterior de la torre 100 a una altura correspondiente.

El cambio de una amplitud de vibración lateral de la torre 100 causada por la fuerza inducida por vórtice es:

$$5 \quad A(t) = \frac{\pi}{\delta} \frac{1}{K} (\rho U^2 / 2) C_D \operatorname{sen}^{10} \omega t \quad (2)$$

donde, K es la rigidez de un sistema estructural de la torre 100 (se puede incluir una góndola 400); y  $\delta$  es una disminución logarítmica (aproximadamente 0,05).

10 Cuando la velocidad del viento del flujo entrante a barlovento alcanza un cierto valor apropiado y continúa durante un cierto período de tiempo, la estructura de la torre 100 puede generar la resonancia inducida por vórtice, y en este caso la amplitud de vibración A es:

$$15 \quad A = \frac{\pi}{\delta} \frac{\rho C f^2}{2K(St)} D^3 \quad (3)$$

20 Se puede apreciar que, cuando se determina una dimensión en sección de la estructura, la rigidez K o la amortiguación se pueden aumentar para reducir la amplitud de vibración de la resonancia inducida por vórtice.

$$St = \frac{fD}{U}$$

25 En la fórmula anterior,  $St$ , que es el número de Strouhal. La definición del número de Strouhal describe la relación entre una frecuencia de desprendimiento de vórtices, la velocidad del viento y el diámetro de un cuerpo cilíndrico.

Donde,  $f$  es la frecuencia de desprendimiento de vórtices (Hz);

30  $U$  es la velocidad del viento del flujo entrante a barlovento de la torre 100;

$D$  es la dimensión característica cuando la superficie exterior de la torre 100 es barrida por el fluido.

35 En esta realización, D se refiere a un diámetro exterior de la torre 100 a diferentes alturas. El diámetro exterior puede cambiar. Cuando el flujo entrante a barlovento no es horizontal, y fluye alrededor de la torre 100 con una cierta inclinación, una ruta del flujo de aire que fluye alrededor de una periferia de la torre 100 tiene una forma aproximadamente ovalada, como la configuración aerodinámica descrita anteriormente. En este caso, la dimensión característica D es un diámetro equivalente (un término técnico en transferencia de calor, que es un diámetro de una sección circular imaginaria, es decir, un diámetro de la sección circular convertida por una sección no circular de acuerdo con una circunferencia igual) de la configuración aerodinámica de forma ovalada.

40 En este caso, un límite humedecido por el fluido o en contacto con el fluido se vuelve más aerodinámico y menos romo. En vista de la forma de vibración, la resonancia inducida por vórtice es una vibración de amplitud limitada con características duales de autoexcitación y forzamiento.

45 El número de Strouhal se puede obtener en base al número de Reynolds. La relación entre el número de Strouhal y el número de Reynolds se puede consultar en la Figura 9, que es una vista esquemática que muestra la relación entre el Número de Strouhal y el número de Reynolds de la superficie exterior de la torre, en la que el eje horizontal indica el número de Reynolds, y el eje vertical indica el número de Strouhal. Antes de que el número de Reynolds alcance  $2 \times 10^5$ , el número de Strouhal es una constante de 0,20. Luego, a medida que aumenta el número de Reynolds, el número de Strouhal primero salta a 0,30, luego aumenta a 0,43; y luego, cuando el número de Reynolds es igual a  $2 \times 10^6$ , el número de Strouhal se reduce a 0,2. Por lo tanto, el número de Strouhal, D y U son parámetros que se pueden obtener, y  $f$  también se puede calcular en función de la fórmula del número de Strouhal. En consecuencia, la amplitud de la vibración también se puede obtener por cálculo.

55 En consecuencia, el principio de la presente solución técnica de que la torre 100 está rodeada por el cuerpo flotante 200 para lograr el efecto de reducción de la vibración se analiza como sigue.

60 1. Cuando el cuerpo flotante 200 flota hacia arriba y hacia abajo para realizar un "barrido", es equivalente a que una capa límite de flujo de aire en una pared exterior de la torre 100 se "refresque" continuamente, por lo tanto, la capa límite de flujo de aire en la pared exterior de la torre 100 se destruye. De acuerdo con el principio de formación de la vibración de la calle de vórtices de Kármán descrita en los antecedentes, después de que se destruye la capa límite, se evita la formación de los vórtices en los dos lados de la parte posterior de la torre 100, que suprime directamente el origen de la vibración inducida por vórtice.

65 2. Debido a la flotación hacia arriba y hacia abajo del cuerpo flotante 200, cuando el flujo entrante a barlovento

fluye alrededor de la torre 100 para entrar en contacto con el cuerpo flotante 200, se cambia la configuración aerodinámica, especialmente después de que se proporciona el borde frontal aerodinámico 201, la configuración aerodinámica y el ángulo de ataque del flujo entrante a barlovento se cambian aún más. Entonces, el coeficiente aerodinámico C de la torre 100 con respecto al flujo de aire de derivación aerodinámico es menor, se puede entender que la resistencia se reduce y, por lo tanto, la amplitud de vibración A de la resonancia inducida por vórtice también se puede reducir, reduciendo de esta forma la vibración.

El análisis cuantitativo puede realizarse adicionalmente. Cuando la configuración aerodinámica se vuelve ovalada, el coeficiente aerodinámico C puede reducirse de un valor habitual de 1,2 a aproximadamente 0,6 o incluso más pequeño (por ejemplo 0,5), por lo que la resistencia puede reducirse en gran medida, por lo tanto, la vibración puede reducirse. Se puede entender vívidamente que, cuando el flujo entrante a barlovento cruza horizontalmente la torre 100, la configuración aerodinámica en contacto con la superficie exterior de la torre es circular, que pertenece a un cuerpo romo. Se requiere cambiar repentinamente la dirección del viento, lo que puede causar una gran fuerza desequilibrada. Sin embargo, después de que cambia el ángulo de ataque, la configuración aerodinámica es ovalada, una pista de movimiento hacia atrás (es decir, a sotavento) del fluido (es decir, el flujo de aire) a lo largo de la superficie de la torre 100 se alarga, un ángulo de contacto entre el fluido y la pared exterior de la torre 100 cambian, y dado que el flujo de aire aumenta, el ángulo de contacto se vuelve más pequeño y cambia lentamente de acuerdo con la dirección del viento, es beneficioso suprimir la ocurrencia de la derivación del flujo de aire alrededor de la pared exterior de la torre 100, para suprimir la generación de fuerza desequilibrada de viento cruzado de la torre 100, y para reducir la vibración causada por la fuerza desequilibrada en un procedimiento de acoplamiento del flujo de aire y la pared exterior de la torre 100.

3. La flotación hacia arriba y hacia abajo del cuerpo flotante no solo destruye la capa límite del flujo de aire en la pared exterior de la torre 100, pero también altera las secciones superior e inferior de un campo de flujo cercano, interrumpiendo de esta forma la correlación del flujo de aire a barlovento cerca del cuerpo flotante 200. Por supuesto, cuando el cuerpo flotante 200 está diseñado para ser aerodinámico como se describe anteriormente, después de que el flujo entrante a barlovento pasa a través del cuerpo flotante 200, en las posiciones correspondientes al cuerpo flotante 200, la dirección y la trayectoria del flujo de aire pueden cambiar, lo que también interrumpe la correlación del flujo de aire a barlovento cerca del cuerpo flotante 200. Después de que se altera la correlación del flujo de aire a barlovento, la consistencia de la frecuencia de desprendimiento de vórtices del flujo de aire entre el cuerpo flotante 200 y otras posiciones se altera correspondientemente, debilitando de esta forma una acción combinada del mismo, reduciendo o evitando la respuesta inducida por vórtice del desprendimiento de flujo de derivación de la capa límite en la pared exterior de la torre 100, evitando de esta forma la vibración inducida por vórtice de la torre 100.

La correlación es una característica importante de un viento fluctuante, y está relacionada con velocidades de viento fluctuantes en dos puntos espaciales o presiones fluctuantes en dos puntos a diferentes alturas de la

$$\rho = \frac{\overline{u'(Z_1)u'(Z_2)}}{\sigma_u(Z_1)\sigma_u(Z_2)}.$$

superficie de la torre 100 un coeficiente de correlación  $\rho$  se define como

A dos alturas diferentes ( $Z_1, Z_2$ ), una covarianza de la velocidad del viento fluctuante se define como sigue:

$$45 \quad \overline{u'(Z_1)u'(Z_2)} = \frac{1}{T} \int_0^T [U(Z_1, t) - \overline{U}(Z_1)] [U(Z_2, t) - \overline{U}(Z_2)] dt$$

Por lo tanto, la covarianza es un promedio de tiempo de un producto de las velocidades de viento fluctuantes en las dos alturas. Los valores de la velocidad del viento en el lado derecho de la ecuación se restan con los valores promedio respectivos  $\overline{U}(Z_1)$  y  $\overline{U}(Z_2)$ .

En matemáticas, la fórmula de una desviación estándar se puede expresar como:

$$55 \quad \sigma_u = \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T [U(t) - \overline{U}(Z)]^2 dt \right\}^{\frac{1}{2}}$$

En la que,  $U(t)$  es un componente de velocidad del viento en una dirección de una velocidad media del viento, que equivale a:  $\overline{U}(Z) + u(t)$ ;

$u(t)$  es un componente turbulento a sotavento, es decir, un componente de velocidad del viento fluctuante en la dirección de la velocidad media del viento.

65 El numerador indica la covarianza de las velocidades de viento fluctuantes, y las velocidades del viento son

diferentes a dos alturas diferentes de la torre 100.

La covarianza es un promedio de tiempo de un producto de las velocidades de viento fluctuantes a dos alturas.

- 5 La intensidad total de la turbulencia se puede medir mediante la desviación estándar de la velocidad del viento o el cuadrado medio de la raíz, se sustrae un componente promedio de la velocidad del viento, luego la desviación se usa para cuantificar una parte restante, la desviación después del cuadrado es promediada, y finalmente se extrae una raíz para obtener una cantidad física que tiene una unidad de la velocidad del viento, por lo que se obtiene la desviación estándar. De acuerdo con la fórmula de definición del coeficiente de correlación, el
- 10 coeficiente de correlación entre dos velocidades del viento a diferentes alturas se obtiene por la covarianza de las velocidades del viento a diferentes alturas dividida por la desviación estándar. Una correlación más pequeña es mejor, lo que dificulta las frecuencias de vórtices a diferentes alturas después de la formación de vórtices y rompe la convergencia y el crecimiento de la energía de resonancia inducida por vórtice causada por la consistencia de frecuencia, es decir, evitando el crecimiento de la resonancia inducida por vórtice e incluso
- 15 haciendo desaparecer la resonancia inducida por vórtice.

Para construir plantas de energía eólica en regiones de gran altitud del sur de China, como Yunnan, Guizhou y Sichuan, es necesario construir carreteras alrededor de altas montañas. Además, un período de elevación suele ser más largo en las montañas altas, la incertidumbre del viento puede afectar la construcción de elevación en cualquier momento. El costo de elevación es de 270000-320000 yuanes por unidad, una vez que hay problemas con la elevación, puede haber una gran pérdida. Los inventores de la presente solicitud realizaron investigaciones de campo sobre la construcción de plantas de energía eólica en regiones de gran altitud y altas montañas, y propusieron la solución del cuerpo flotante 200, de modo que el progreso de elevación en el sitio y el período de instalación no se vean limitados en el futuro por las condiciones del viento en las regiones locales. La disposición del cuerpo flotante 200 puede garantizar u ofrecer una elevación fiable de la góndola 400 cuando la velocidad del viento es inferior a 8 m/s y la elevación de la torre 100 cuando la velocidad del viento es inferior a 10 m/s. Bajo las dos condiciones de velocidad del viento anteriores, los procedimientos de elevación existentes pueden no funcionar normalmente. Esta solución puede mejorar la seguridad y la eficiencia de elevación en un tiempo de elevación limitado, reducir el desperdicio causado por el retraso del período de construcción de la

20 planta de energía eólica y el retraso de la generación de energía conectada a la red del sistema de generador de turbina eólica debido a las incertidumbres del viento, y también puede reducir el daño y los peligros ocultos a las piezas de conexión de base de la torre 100 causadas por la vibración inducida por el viento de la torre 100 que sirve como estructura portadora del sistema de generador de turbina eólica en el procedimiento de elevación.

25 30 Además, esta solución puede reducir el costo de construcción y ayudar a los inversores a lograr la generación de energía conectada a la red lo antes posible y obtener beneficios lo antes posible.

Además, en esta realización, el cuerpo flotante 200 está diseñado en forma de pez, y en realidad se realiza un propósito de flotar bajo la acción del flujo entrante a barlovento. De acuerdo con el principio de la mecánica de fluidos, el cuerpo flotante 200 puede ser diseñado de otras formas para cumplir con el propósito, tales como un ala de un avión. En esta realización, se emplea una estructura biónica en forma de pez (la mayoría de los peces en el mar pueden darse cuenta de que flotan en el fluido debido a las formas de su cuerpo, como las sepías), y la flotación depende principalmente de una fuerza de flotabilidad generada por una diferencia de presión entre una superficie superior y una superficie inferior del cuerpo flotante.

45 Como se muestra en la Figura 12, que es una vista esquemática que muestra la estructura de otro cuerpo flotante 200 visto desde la parte superior. El cuerpo flotante 200 tiene un borde frontal aerodinámico 201 y una porción de cola 202, y el cuerpo flotante 200 de esta estructura también puede lograr la flotación. Como se ve desde la parte superior, el borde frontal 201 del cuerpo flotante 200 es relativamente puntiagudo, y se extiende gradualmente y se ensancha a dos lados, y luego el ancho cambia menos, y finalmente se estrecha en la porción de cola 202. La porción de cola 202 es relativamente corta, que es similar a un vehículo aéreo.

55 Con referencia a la Figura 11, cuando la vibración se genera en una porción superior de la torre 100 (en este caso, el extremo superior de la torre 100 es un extremo libre y un extremo inferior de la torre 100 está fijo, la liberación de calle de vórtice provoca fuerzas de viento cruzado desequilibradas, y estas fuerzas tienen brazos largos con respecto al extremo fijo en un extremo de fijación de base de la torre 100), el momento de vibración es el más grande y el daño es fuerte. Por lo tanto, el cuerpo flotante 200 está dispuesto en la porción superior de la torre 100 para que flote hacia arriba y hacia abajo dentro de una región de altura L mostrada en la figura. Cuando el cuerpo flotante 200 se encuentra en  $\delta y_1$ , el flujo de aire corresponde a una posición  $f_1$ , las partes encima y debajo de la posición  $f_1$  se ven perturbadas por el cuerpo flotante 200. Cuando el cuerpo flotante 200 flota a  $\delta y_i$ , el flujo de aire en una posición  $f_i$  es perturbado, y las posiciones  $\delta y_i$  y  $\delta y_n$  se infieren secuencialmente. Mientras las posiciones están perturbadas, a lo largo de una dirección de altura vertical de la pared exterior de la torre 100, la consistencia (propiedades de las fuerzas de viento cruzado desequilibradas, que tienen la misma dirección y la misma frecuencia) de fuerzas de viento cruzado desequilibradas causadas por la calle de vórtice que se libera en la parte superior y las secciones inferiores se destruyen o rompen, entonces la fuerza de viento fluctuante total (un valor obtenido al sumar las fuerzas de viento cruzado desequilibradas con propiedades de

dirección) en la región de altura L se debilita.

Además, basándose en el diseño de tipo flotante del cuerpo flotante 200, en el caso de que solo se proporcione un cuerpo flotante 200, el flujo alrededor de la capa límite en la pared exterior a diferentes alturas de la torre 100 5 puede destruirse para suprimir la vibración inducida por vórtice. Por supuesto, el número de cuerpos flotantes 200 no está limitado, en el caso de que la altura de la torre 100 sea grande y una longitud de las secciones que requieren supresión de vibraciones sea relativamente larga, también se pueden proporcionar más de dos cuerpos flotantes 200 para que floten juntos hacia arriba y hacia abajo para destruir el flujo alrededor de la capa límite en la pared exterior de la torre 100.

10 Debe hacerse notar que, el cuerpo flotante 200 dispuesto en una forma aerodinámica puede mejorar aún más la capacidad de ruptura de la capa límite y suprimir la vibración inducida por vórtice. Sin embargo, debe entenderse que, el cuerpo flotante 200 también puede no ser aerodinámico. De acuerdo con el principio de supresión de vibraciones descrito anteriormente, siempre que el cuerpo flotante 200 flote hacia arriba y hacia abajo, la capa límite del flujo de aire puede destruirse, y la configuración aerodinámica de parte del flujo entrante a barlovento 15 puede cambiarse para formar un ángulo de ataque positivo o un ángulo de ataque negativo, y la correlación del flujo de aire entre las secciones superior e inferior puede romperse, suprimiendo de esta forma la vibración. Por ejemplo, el cuerpo flotante 200 puede ser una estructura de anillo ordinaria. Por supuesto, para suprimir mejor la vibración inducida por vórtice y lograr una mejor flotación, también es una solución preferente para proporcionar 20 la estructura del cuerpo flotante descrita anteriormente.

En comparación con el procedimiento de emplear un alambre en espiral en el fondo, de la manera anterior, además de que se reduce la influencia de la vibración inducida por vórtice, el cuerpo flotante 200 flota hacia 25 arriba y hacia abajo para destruir la capa límite del flujo de aire y romper la correlación entre las secciones superior e inferior, y esta función no tiene una relación correspondiente específica con el cambio de la velocidad del viento. Cuando la velocidad del viento cambia, la supresión de la vibración se puede lograr ajustando el intervalo y la velocidad flotantes, por lo tanto, incluso si la velocidad del viento cambia, la función de supresión de la vibración aún se puede garantizar. Además, con el borde frontal 201 en un lado orientado hacia el flujo entrante a barlovento del cuerpo flotante 200 diseñado en la forma aerodinámica, la resistencia del flujo entrante 30 a barlovento se puede reducir y el ruido se reduce, satisfaciendo de esta forma los requisitos de las regulaciones ecológicas.

Además, para el cuerpo flotante 200 en forma de pez, además de hacer que el flujo entrante a barlovento forme 35 ángulos de ataque positivos y negativos, también se alarga un camino del flujo entrante a barlovento que fluye hacia atrás desde dos lados del cuerpo flotante 200, esto se debe a que en realidad la configuración aerodinámica correspondiente a la parte del flujo de aire es aproximadamente ovalada, es decir, esta parte del flujo de aire fluye hacia atrás desde los dos lados del cuerpo flotante 200, lo que equivale a fluir a lo largo de un "cuerpo de pez". El coeficiente aerodinámico C de esta parte del flujo de aire también se reduce, lo cual es 40 consistente con el principio 2 de atenuación de vibraciones anterior y también puede suprimir la vibración inducida por vórtice.

Con referencia a la Figura 4, específicamente, en esta realización, el dispositivo de excitación incluye un actuador de soga 706, un extremo de la cuerda 600 está conectado al actuador de soga, y el otro extremo de la cuerda 600 está conectado al cuerpo flotante 200. El actuador de soga 706 controla la extensión y retracción de 45 la cuerda 600. El actuador de soga 706 puede incluir específicamente un cabrestante (no mostrado en la Figura 5) y un servomotor, un extremo de la cuerda 600 está enrollado alrededor del cabrestante, y el servomotor puede controlar el cabrestante para girar hacia adelante o hacia atrás, a fin de controlar la extensión y retracción de la cuerda 600.

50 Con esta disposición, por un lado, se puede evitar que el cuerpo flotante 200 se caiga de la parte superior de la torre 100 para salir de la torre 100 cuando la velocidad de la ráfaga es excesiva. Más importante aún, cuando el actuador de soga 706 impulsa la cuerda 600 para extenderse y retraerse, se puede controlar mejor una longitud de extensión o retracción de la cuerda 600, y en consecuencia se puede controlar un intervalo dentro del cual el cuerpo flotante 200 flota hacia arriba y hacia abajo. Es decir, la flotación hacia arriba y hacia abajo del cuerpo flotante 200 se puede controlar, por lo tanto, el intervalo y la velocidad de flotación de la flotación hacia arriba y 55 hacia abajo se pueden controlar de acuerdo con los requisitos de supresión de vibración, de modo que la vibración se pueda suprimir mejor.

Para mejorar aún más la fiabilidad de la flotación hacia arriba y hacia abajo del cuerpo flotante 200 y mantener el equilibrio, se pueden proporcionar dos o más cuerdas 600. El cuerpo flotante 200 en forma de pez anterior se proporciona como ejemplo, el borde frontal 201 y la porción de cola 202 del mismo pueden estar provistos cada uno de la cuerda 600. Por supuesto, la cuerda 600 puede proporcionarse solo en un extremo, o también puede proporcionarse en múltiples posiciones que incluyen dos lados del cuerpo flotante 200.

65 Con referencia a las Figuras 4 y 5-1, el dispositivo de excitación además incluye una polea, la cuerda 600 está

5 conectada al actuador de soga 706 a través de la polea, y la polea previene que la cuerda 600 tire del cuerpo flotante 200 sustancialmente en una dirección vertical. Cuando el actuador de soga 706 está dispuesto, inevitablemente se mantiene una cierta distancia entre el actuador de soga 706 y la torre 100, y la cuerda 600 estirada desde el actuador de soga 706 puede estar en un estado no vertical, en este caso, una fuerza lateral se genera fácilmente cuando se tira del cuerpo flotante 200. En la presente solicitud, la polea cambia la dirección de la cuerda 600 para que la polea pueda tirar del cuerpo flotante sustancialmente en la dirección vertical, por lo tanto, la flotación hacia arriba y hacia abajo del cuerpo flotante 200 se puede mantener de manera efectiva, y la interferencia y torsión mutua que pueden ocurrir a múltiples cuerdas 600 también se pueden prevenir.

10 15 El dispositivo de excitación puede incluir un actuador de soga 706, y dos o más cuerdas 600 están controladas por el mismo actuador de soga 706 para extender y retraer. En este caso, cada una de las cuerdas 600 entra en el mismo actuador de soga 706 después de pasar a través de la polea respectiva. Esta disposición no solo puede simplificar el dispositivo, sino que también asegura fácilmente que una longitud retraída de cada una de las cuerdas 600 sea equivalente cuando las cuerdas 600 son accionadas por el mismo actuador de soga 706 para extenderse y contraerse, asegurando de esta forma que el cuerpo flotante 200 pueda flotar hacia arriba y hacia abajo de manera estable.

20 Específicamente, como se muestra en la Figura 5-1, se proporcionan dos cuerdas 600 en total, y cada una de las poleas correspondientes a las cuerdas 600 incluye una polea de guía y una polea de limitación de altura. La Figura 5-1 muestra una primera polea de guía 701 y una primera polea de limitación de altura 702 correspondiente a una cuerda lateral derecha 600, y una segunda polea de guía 703 y una segunda polea de limitación de altura 704 correspondiente a una cuerda lateral izquierda 600.

25 Un lado exterior (un lado alejado de la torre 100) de cada una de las cuerdas 600 se enrolla alrededor de la polea de guía, luego se cambia la dirección de cada una de las cuerdas para que sea paralela con una dirección de extensión y retracción controlada por el actuador de soga 706, y cada una de las cuerdas está conectada al actuador de soga 706 a través de la polea de limitación de altura. Las poleas de limitación de altura se fijan con respecto a la torre 100 (específicamente se fija en la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento 800).

30 El dispositivo de excitación además incluye un anillo giratorio 705, que atraviesa cada una de las poleas de guía, y el anillo giratorio 705 funciona en adelante como un eje de todas las poleas de guía. Como se muestra en la Figura 5-1, el anillo giratorio 705 atraviesa la primera polea de guía 701 y la segunda polea de guía 703.

35 40 45 Como se describió anteriormente, para mantener el equilibrio, se proporcionan dos o más cuerdas 600 y las cuerdas 600 están necesariamente ubicadas en diferentes posiciones. Cuando las cuerdas 600 ubicadas en diferentes posiciones son accionadas por el mismo actuador de soga 706, las cuerdas 600 dependen de la guía de las poleas de guía. En esta solicitud, también se proporcionan las poleas de limitación de altura. Como se muestra en la Figura 5-1, el anillo giratorio 705 atraviesa las poleas de guía y no está limitado por otros componentes. Un lado interno de la cuerda 600 del lado derecho se enrolla alrededor de la primera polea de guía 701, la cuerda 600 del lado derecho se gira para ser horizontal y luego entra en el actuador de soga 706 a través de la primera polea de limitación de altura 702. Un lado interno de la cuerda 600 del lado izquierdo se enrolla alrededor de la segunda polea de guía 703, la cuerda 600 del lado izquierdo se gira para que sea horizontal, y luego rodea la segunda polea de limitación de altura 704 para completar un cambio de dirección de 180 grados, y entra dentro del actuador de soga 706 horizontalmente.

50 55 Se puede apreciar que, en el caso de simplemente cambiar la dirección, es factible que solo se pueda proporcionar la primera polea de guía 701 y la segunda polea de guía 703 (la cuerda 600 se cambia para rodear con el lado interno). En este caso, tanto la primera polea de guía 701 como la segunda polea de guía 703 están fijadas con respecto a la torre 100. En el caso de que las poleas de limitación de altura estén dispuestas en la presente memoria, no se requiere que las dos poleas de guía estén fijadas. Como se puede apreciar en la Figura 5-1, las poleas de guía y el anillo giratorio 705 están en estado flotante entre sí (la altura está limitada por las poleas de limitación de altura). Dado que la dirección del viento a menudo cambia, cuando el cuerpo flotante 200 gira en una dirección circunferencial debajo de la dirección del viento para tirar de las cuerdas 200 para que giren, el anillo giratorio 705 y las dos poleas de guía se pueden desviar ligeramente para evitar la abrasión entre las poleas de guía y las cuerdas 600.

60 Como una solución preferente, cada una de las poleas de guía puede ser un rodamiento, es decir, la cuerda 600 se enrolla alrededor de un anillo exterior del rodamiento, reduciendo de esta forma la abrasión de la polea de guía durante la extensión y retracción de la cuerda 600.

65 Como se muestra en la Figura 5-1, el dispositivo de excitación además incluye una plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento 800 sobre la cual está dispuesto el actuador de soga 706, la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento 800 está soportada en la base de cimentación 300 o en la torre 100. De acuerdo con la invención, el dispositivo de excitación además incluye una pista 803 dispuesta en la base

de cimentación 300 o en la torre 100, y un motor de accionamiento 801 utilizado para conducir la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento 800 para que se mueva a lo largo de la pista 803. Una parte inferior de la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento 800 puede estar provista de ruedas de rodadura que se mueven a lo largo de la pista 803. La plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento 800 gira alrededor de la torre 100 cuando se mueve a lo largo de la pista 803. La fuente de alimentación del motor de accionamiento 801 y el servomotor del actuador de soga 706 pueden ser baterías, lo que facilita la obtención de la energía.

Como se describió anteriormente, el cuerpo flotante 200 puede girar en la dirección circunferencial en cierto grado (en la siguiente realización, cuando cambia la dirección del viento, el cuerpo flotante 200 también puede girar automáticamente para alinear el borde frontal 201 con el flujo entrante a barlovento). En este caso, para que las cuerdas 600 tiren mejor del cuerpo flotante 200, la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento 800 puede controlarse para que gire en un ángulo correspondiente, de modo que las cuerdas 600 puedan moverse junto con el cuerpo flotante 200 y mantener una relación relativa estable con el cuerpo flotante 200, lo que facilita el control efectivo de la flotación hacia arriba y hacia abajo, por lo tanto, los objetos anteriores de destruir la capa límite, cambiar la configuración aerodinámica y el ángulo de ataque, y romper la correlación superior-inferior son logrados completamente.

La plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento 800 puede estar provista de un contrapeso (no se muestra en la figura). El contrapeso puede aumentar el peso de la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento 800, para evitar que el cuerpo flotante 200 empuje las cuerdas 600 para tirar hacia arriba la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento 800 y hacer que la misma se desenganche desde la base de cimentación 300 en consecuencia cuando el viento es demasiado fuerte. Con el mismo propósito, en la Figura 5-1, las ruedas de rodadura 802 se pueden sujetar a la pista 803 para limitar el movimiento en la dirección vertical.

El dispositivo de excitación puede incluir además un controlador. En este caso, un cuerpo de caja puede estar dispuesto en la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento 800, el controlador y el actuador de soga 706 anterior (principalmente el servomotor y el cabrestante del actuador de soga 706) pueden estar dispuestos en el cuerpo de caja. El controlador controla el arranque y el cierre del actuador de soga 706 y/o el motor de accionamiento 801, que es equivalente a formar un sistema de control de excitación para el seguimiento de las cuerdas y la flotación del cuerpo flotante, y se soporta en la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento 800.

El dispositivo de excitación también puede incluir un elemento de monitoreo de vibraciones para detectar la vibración de la torre 100, y un sensor de velocidad del viento para medir la velocidad del viento donde se encuentra la torre 100. El elemento de monitoreo de vibración puede estar estrechamente unido a la superficie interior o a la superficie exterior de la torre 100 mediante un disco de succión magnética. El sensor de velocidad del viento puede estar dispuesto en la torre 100, por ejemplo, puede estar fijado temporalmente en la superficie de la torre 100 mediante adsorción magnética; o puede estar dispuesto a una distancia de 5-6 veces desde la periferia de la torre 100, para reducir la influencia en la velocidad y dirección del viento cuando el flujo entrante a barlovento fluye alrededor de la torre 100.

El elemento de monitoreo de vibración y el sensor de velocidad del viento transmite una señal de vibración detectada y una señal de velocidad de viento detectada al controlador, el controlador controla el actuador de soga 706 para que se inicie o cierre de acuerdo con la señal de vibración o la señal de velocidad del viento por separado, o el actuador de soga 706 también puede ser controlado de acuerdo con la señal de vibración y la señal de velocidad del viento juntas. Por ejemplo, cuando la señal de vibración indica la presencia de vibración, el actuador de soga 706 se puede iniciar para controlar la extensión y retracción de la cuerda 600, de modo que el cuerpo flotante 200 pueda flotar hacia arriba y hacia abajo, mientras tanto, el intervalo y la velocidad de extensión o retracción pueden controlarse de acuerdo con la fuerza de vibración. Cuando la cuerda 600 se extiende y se contrae rápidamente, el cuerpo flotante 200 flota hacia arriba y hacia abajo (un movimiento alternativo) rápidamente, y el intervalo flotante también es grande, obviamente, la correlación superior e inferior puede destruirse en un intervalo grande y en un nivel alto la frecuencia y el límite del flujo de aire pueden verse interrumpidos; cuando el cuerpo flotante 200 flota lentamente y el intervalo flotante es pequeño, la correlación superior e inferior se destruye en un intervalo pequeño y a baja frecuencia.

La velocidad del viento también puede reflejar la condición de vibración hasta cierto punto. Generalmente, en un cierto intervalo de velocidad del viento, es probable que se induzca vibración. No es necesariamente que la velocidad del viento sea grande y que la vibración sea grande. Por ejemplo, en un intervalo de 100 a 120 metros, cuando la velocidad del viento es pequeña, también puede causar una gran vibración lateral, es decir, la vibración inducida por vórtice. Mientras se controla de acuerdo con la señal de vibración, se puede hacer referencia junto con la señal de velocidad del viento para verificación mutua.

Además, también se puede proporcionar un elemento de detección de altura 707' para detectar una altura del

5 cuerpo flotante 200. Como se muestra en la Figura 5-1, el elemento de detección de altura 707' puede ser un emisor de infrarrojos, y la altura a la que se encuentra el cuerpo flotante 200 se puede obtener emitiendo rayos infrarrojos al suelo. Se puede proporcionar un receptor inalámbrico 707 en la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento 800 para recibir una señal de altura detectada por el elemento de detección de altura 707'. En la Figura 5-1, el receptor inalámbrico 707 también está instalado en el cuerpo de caja donde están dispuestos el actuador de soga 706 y el controlador. La señal recibida se transmite al controlador, no solo la señal de altura detectada por el elemento de detección de altura 707', sino también las señales detectadas por otros elementos de detección pueden enviarse al receptor inalámbrico, de modo que el controlador recibe varios tipos de señales.

10 15 El controlador puede controlar el intervalo de extensión o retracción de la cuerda 600 accionada por el actuador de soga 600 de acuerdo con una altura detectada. Por supuesto, el controlador también puede determinar la longitud de extensión o retracción de la cuerda 600 basada en el servomotor del actuador de soga 706, porque el servomotor puede calcular la longitud de extensión o retracción cuando el servomotor gira.

15 20 25 El dispositivo de cuerpo flotante además incluye un elemento de detección de dirección para detectar una dirección del cuerpo flotante 200. El controlador controla el motor de accionamiento 801 de acuerdo con la dirección detectada del cuerpo flotante 200, para hacer que la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento 800 siga al cuerpo flotante 200 para que gire. Además de detectar directamente la dirección del cuerpo flotante 200, se proporciona además un indicador de viento para detectar la dirección del viento. Por ejemplo, en la siguiente realización, el borde frontal 201 del cuerpo flotante 200 puede alinearse automáticamente con el flujo entrante a barlovento, por lo tanto, después de obtener la dirección del viento, también se obtiene la dirección específica del cuerpo flotante 200, de modo que la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento 800 se puede controlar para que gire en un ángulo correspondiente, para permitir que la cuerda 600 mantenga un estado de tracción original.

30 35 La cuerda 600 puede ser una cuerda elástica, o como se muestra en la Figura 4, la cuerda 600 incluye específicamente una sección de cuerpo de cuerda 601 y una sección de resorte 602, es decir, la sección de cuerpo de cuerda 601 y la sección de resorte 602 están dispuestas en series. En la figura, la sección de resorte 602 está conectada entre dos secciones de cuerpo de cuerda 601 en serie. En la presente memoria, siempre que la sección de resorte 602 y la sección de cuerpo de cuerda 601 estén conectadas en serie, el número y el orden de posición de las secciones no están limitados. Al proporcionar la sección de resorte 602, cuando el cuerpo flotante 200 oscila durante el procedimiento de flotación hacia arriba y hacia abajo, la oscilación hacia arriba y hacia abajo del cuerpo flotante 200 puede mantenerse o fortalecerse mediante la sección de resorte 602, mejorando de esta forma la capacidad de suprimir la vibración inducida por vórtice.

40 45 50 Se puede apreciar que el dispositivo de excitación anterior depende principalmente de la cuerda 600 que puede cambiar telescopicamente para hacer que el cuerpo flotante 200 flote activamente hacia arriba y hacia abajo. Cuando se proporciona la sección de resorte 602 o toda la cuerda 600 es una cuerda elástica 600, el cuerpo flotante 200 puede flotar hacia arriba y hacia abajo solo dependiendo del cambio de la fuerza del viento. En este caso, la sección elástica 602 puede recoger la energía fluctuante turbulenta del flujo entrante a barlovento, de modo que el intervalo flotante se puede mantener o aumentar. Incluso si una fuerza de flotabilidad para flotar hacia arriba y hacia abajo del cuerpo flotante 200 ya no cambia, la sección de resorte 602 puede continuar balanceándose, perturbando de esta forma el flujo entrante a barlovento hacia arriba y hacia abajo, destruyendo el flujo alrededor de la capa límite de la torre 100, y suprimiendo la vibración inducida por vórtice. Es decir, la sección de resorte 602 en la presente memoria es similar a un "circuito amplificador" que tiene un efecto de amplificación en el intervalo flotante del cuerpo flotante 200. Se puede entender que, incluso si el actuador de soga 706 y similares, que pueden excitar activamente la cuerda 600 para extenderse y retraerse para conducir el cuerpo flotante 200 para flotar, no están provistos, la cuerda elástica 600 puede oscilar continuamente bajo la acción de cambio de la fuerza del viento, para excitar el cuerpo flotante 200 para que flote hacia arriba y hacia abajo.

55 60 65 En esta realización, después de que la señal de vibración se retroalimenta al controlador, el controlador controla la cuerda 600 para que se extienda y se retraiga de manera alternativa por el actuador de soga 706 para conducir el cuerpo flotante 200 para que flote hacia arriba y hacia abajo. Dado que la flotación rompe la correlación superior e inferior y destruye la capa límite del flujo de aire, la señal de vibración puede cambiar, es decir, la señal de vibración puede debilitarse gradualmente. El controlador puede realizar un análisis de acuerdo con el cambio de la señal de vibración junto con una altura a la que se encuentra el cuerpo flotante 200 y una velocidad actual del viento, para obtener el intervalo y la velocidad de la flotación ascendente y descendente que puede lograr un óptimo efecto de atenuación de vibraciones cuando el cuerpo flotante 200 está a cierta altura y bajo una cierta velocidad del viento, es decir, obtener la ley de controlar el cuerpo flotante 200 para que flote hacia arriba y hacia abajo para atenuar la vibración, lo que equivale a tener una función de optimización automática. De esta manera, en el procedimiento de elevación de la torre 100 o durante el procedimiento de aplicación después de la instalación, se puede seleccionar una solución óptima de atenuación de vibraciones de acuerdo con la situación real. Además, esta ley de control también se puede aplicar a la instalación y aplicación

de otras torres.

En la Figura 4, la cuerda 600 está provista de una sección de resorte. Como se describió anteriormente, el número de secciones de resorte no está limitado, y puede haber una o más secciones de resorte dispuestas en serie. En la presente memoria, la longitud de la sección de resorte 602, el coeficiente elástico y la longitud total de la cuerda 600 se pueden determinar de acuerdo con la altura que el cuerpo flotante 200 debe alcanzar, el peso del cuerpo flotante 200, la fuerza del viento y similares, y un objeto final es que la cuerda 600 pueda evitar que el cuerpo flotante 200 se caiga desde la parte superior de la torre 100, y además la cuerda 600 no impide la flotación del cuerpo flotante 200, y puede balancearse dependiendo en la sección de resorte 602.

En cuanto a las medidas para evitar que el cuerpo flotante 200 se caiga de la parte superior de la torre 100, también puede hacerse referencia a las Figuras 13 y 14. La Figura 13 es una vista esquemática que muestra un cambio de un espacio S entre la torre y el cuerpo flotante 200 cuando el cuerpo flotante en la Figura 4 está en diferentes posiciones de la flotación hacia arriba y hacia abajo; la Figura 14 es una vista esquemática que muestra el flujo de aire que fluye hacia arriba desde la separación S.

Como se muestra en la Figura 13, un diámetro de la torre 100 disminuye gradualmente de abajo hacia arriba. Cuando el cuerpo flotante 200 flota, la separación S entre el cuerpo flotante 200 y la pared exterior de la torre 100 puede aumentar gradualmente, y cuando el cuerpo flotante 200 flota hasta la parte superior de la torre 100, la separación S es mayor. En esta solución, para el orificio pasante central 207 del cuerpo flotante 200, se diseña preferentemente una dimensión lateral para satisfacer el requisito de que, en la parte superior de la torre 100, se proporcione una distancia predeterminada como la separación S entre el cuerpo flotante 200 y la torre 100, para romper la fuerza de flotabilidad generada por el flujo entrante a barlovento. Cuando la separación S entre el cuerpo flotante 200 y la pared exterior de la torre 100 es lo suficientemente grande, la fuerza de flotación del cuerpo flotante 200 puede debilitarse. Específicamente, cuando la separación S es lo suficientemente grande, es equivalente a que las superficies superior e inferior del cuerpo flotante 200 estén en comunicación entre sí, lo que rompe la condición de generar la diferencia de presión de fluido entre las superficies superior e inferior, por lo tanto, la fuerza de flotación ya no puede aumentar, logrando de esta forma el auto equilibrio.

La palabra "lateral" en la dimensión lateral anterior significa la dirección en la que se puede calcular una distancia entre el cuerpo flotante 200 y la pared exterior de la torre 100. En el caso de que el orificio pasante central 207 del cuerpo flotante 200 sea circular, la dimensión lateral es una dimensión radial. El orificio pasante central 207 también puede tener otras formas, como una forma ovalada, en este caso, la dimensión lateral no es única.

El tamaño del orificio pasante central 207 del cuerpo flotante 200 se puede determinar de acuerdo con un diámetro externo de la parte superior de la torre 100. En el campo de la mecánica de fluidos, el tamaño requerido del orificio pasante central 207 se puede obtener mediante el cálculo del tamaño, simulación o una prueba de túnel de viento, y el tamaño tiene una variedad de valores dependiendo de las diferentes situaciones de aplicación. Mediante este procedimiento, se puede lograr el auto equilibrio sin fuerzas externas. Este procedimiento se puede utilizar por separado o combinarse con la cuerda 600 para evitar que el cuerpo flotante 200 se escape.

El cuerpo flotante 200 descrito en las realizaciones anteriores tiene la forma de un pez que tiene el orificio pasante central 207, y rodea la torre 100 para formar una forma anular cerrada. Se puede entender que, la presente solución utiliza principalmente la forma aerodinámica del cuerpo flotante 200 para lograr el cambio del ángulo de ataque, a fin de destruir la correlación hacia arriba y hacia abajo del flujo de aire alrededor del cuerpo flotante 200, suprimiendo de esta forma la vibración inducida por vórtice. Además, el cuerpo flotante 200 puede flotar para mejorar aún más el efecto de perturbación de la capa límite en la pared exterior de la torre 100. La forma anular cerrada en la presente memoria está configurada principalmente para evitar que el cuerpo flotante 200 se caiga de la torre 100. Se puede entender que, bajo este requisito, el cuerpo flotante 200 no está limitado a una forma anular cerrada. Por ejemplo, la porción de cola 202 del cuerpo flotante 200 puede tener una abertura, siempre que el cuerpo flotante 200 pueda sujetar la torre 100 en una dirección radial. Para otro ejemplo, dado que la presente solución utiliza principalmente el borde frontal 201 para lograr el cambio del ángulo de ataque del flujo de aire, el cuerpo flotante 200 puede no tener la forma anular y además puede no tener la porción de cola 202. Dos lados del cuerpo flotante 200 están atados por una soga de tracción, o el cuerpo flotante 200 puede no flotar y estar directamente colocado en la torre 100, estar colocado en la torre 100 y guiñar y girar con el viento, lo que puede lograr el propósito de suprimir la vibración inducida por vórtice hasta cierto punto.

Como se describió en la presente memoria anteriormente, el cuerpo flotante 200 en la presente solución es específicamente una estructura biónica en forma de pez, y el cuerpo flotante 200 incluye una porción de cola 202 opuesta al borde frontal 201, como una "cola de pez" mostrada en la Figura 5-2. Con respecto a la torre 100, una distancia entre el borde frontal 201 y la torre es menor que una distancia entre la porción de cola 202 y la torre 100.

Con esta disposición, cuando cambia la dirección del flujo entrante a barlovento, con la existencia de la porción

de cola 202, un momento de fuerza del flujo entrante a barlovento en la porción de cola 202 es mayor que un momento de fuerza del flujo entrante a barlovento en el borde frontal 201, de modo que el cuerpo flotante 200 oscila. Como se muestra en la Figura 5, el cuerpo flotante 200 puede girar para alinear el borde frontal 201 con el flujo entrante a barlovento para lograr la alineación automática. El borde frontal 201 del cuerpo flotante 200 siempre se puede alinear con el flujo entrante a barlovento para lograr el cambio del ángulo de ataque y la configuración aerodinámica, de modo que el cuerpo flotante 200 siempre pueda funcionar para suprimir la vibración inducida por vórtice mediante una rotación oportuna de acuerdo con a la dirección del viento.

Obviamente, debido a la inestabilidad de la velocidad del viento y la complejidad de la fuerza aplicada sobre el cuerpo flotante 200 en el aire, el cuerpo flotante 200 puede oscilar continuamente con el cambio de la dirección del viento durante el procedimiento de rotación. El cuerpo flotante 200 también puede colisionar con la pared exterior de la torre 100 en las direcciones delantera, trasera, izquierda y derecha, lo que perturba aún más el flujo de aire cerca del cuerpo flotante 200, suprimiendo el fenómeno de la calle de vórtices de Kármán y suprimiendo de esta forma la vibración inducida por vórtice.

Como se muestra en la Figura 5-2, el borde frontal 201 del cuerpo flotante 200 se expande y se alarga hacia dos lados, luego se contrae gradualmente hacia atrás, y luego se expande gradualmente para formar la porción de cola 202. En otras palabras, dos lados del cuerpo flotante 200 también son aerodinámicos y están dispuestos simétricamente. Después de que el flujo ascendente pasa a través del borde frontal 201, la transición es suave durante el procedimiento de flujo hacia atrás, y el flujo de aire está sujeto a una cierta resistencia en la porción de cola expandida 202. Por lo tanto, el flujo de aire se acumula entre una sección de contracción que se contrae previamente y una sección de expansión que se expande posteriormente (es decir, en una porción de "cintura" del "pez"), evitando de esta forma que los vórtices formados por el flujo entrante a barlovento se caigan, suprimiendo de esta forma la vibración inducida por vórtice.

Un borde exterior de la porción de cola 202 del cuerpo flotante 200 es una superficie curva, que conduce a reducir la resistencia del cuerpo flotante 200 al fluido que fluye alrededor del cuerpo flotante, y es beneficioso para reducir la resistencia del golpeteo de viento cruzado de la porción de cola 200.

El cuerpo flotante 200 está diseñado preferentemente como una estructura simétrica, y una línea central simétrica es una línea que conecta un centro del borde frontal 201 y un centro de la porción de cola 202. Cuando el cuerpo flotante 200 rodea la torre 100, la línea central simétrica está realmente en la misma dirección que el flujo entrante a barlovento. Como se muestra en la Figura 5-2, el cuerpo flotante 200 en forma de pez es de estructura simétrica. El cuerpo flotante 200 con la estructura simétrica es favorable para mantener relativamente el equilibrio del cuerpo flotante 200 bajo la acción del flujo de aire, a fin de garantizar que el borde frontal 201 del cuerpo flotante 200 siempre se pueda alinear con el flujo entrante a barlovento.

Al describir antes la estructura del cuerpo flotante 200 en la presente memoria, el cuerpo flotante 200 o el cuerpo flotante 200 capaz de flotar tiene una estructura diversificada, por lo que la forma del cuerpo flotante 200 no se limita a la "forma de pez" en los dibujos. Por ejemplo, cuando solo se va a cambiar el ángulo de ataque, no se requiere que los dos lados del cuerpo flotante 200 sean aerodinámicos. Además, se puede formar un ángulo de ataque negativo inclinando una superficie inferior del borde frontal 201 hacia abajo sin requerir que la superficie inferior de todo el cuerpo flotante esté diseñada para inclinarse hacia abajo. En la Figura 4, la superficie inferior del borde frontal 201 del cuerpo flotante 200 está inclinada hacia abajo, y luego ligeramente inclinada hacia arriba, y además toda la superficie inferior está inclinada hacia abajo, para cambiar la dirección del flujo de aire y formar un ángulo de ataque relativamente grande hacia abajo (Figura 8). La inclinación ligeramente hacia arriba y luego hacia abajo ayuda a obtener la fuerza de flotabilidad.

Además, desde la perspectiva de la porción de cola 202 que se balancea con la dirección del viento, los dos lados del cuerpo flotante 200 pueden estar provistos de una protuberancia 208 similar al borde frontal 201, como se muestra en la Figura 15, que es una vista superior que muestra otro cuerpo flotante.

Los dos lados de la estructura del cuerpo flotante 200 están provistos cada uno de la protuberancia 208, que puede hacer que el cuerpo flotante 200 responda al cambio de la dirección del viento del flujo entrante del viento más rápidamente, por lo tanto, el borde frontal 201 se puede alinear de forma rápida y automática con el flujo entrante a barlovento.

Como se describió anteriormente, cuando el cuerpo flotante 200 puede flotar, el flujo de aire se puede alterar aún más para romper la consistencia de frecuencia del desprendimiento de vórtice, y de esta forma suprimir la vibración. Para mejorar el rendimiento de flotación del cuerpo flotante 200, el cuerpo flotante anular 200 puede tener una cavidad anular (similar a un anillo de natación), un interior de la cavidad anular está lleno de gas y la densidad del gas es menor que la densidad del aire. El gas llenado en la presente memoria puede ser, por ejemplo, hidrógeno, helio o similares. En este caso, la fuerza de flotabilidad del cuerpo flotante 200 es la suma de una fuerza de flotabilidad generada por la diferencia de densidad de gas y una fuerza de flotabilidad del cuerpo flotante 200 generada en función del flujo entrante a barlovento (una velocidad del mismo generalmente es de

hasta 3 a 4 m/s), de modo que la flotación del cuerpo flotante 200 es más sencilla.

Basado en propósitos de flotación y colisión, el cuerpo flotante 200 puede estar hecho completamente de un material que sea liviano, bueno en hermeticidad y resistente a la abrasión. Por ejemplo, el material puede ser un lienzo, un material polimérico, un material polimérico ignífugo o similar. Una buena hermeticidad puede evitar fugas internas de aire y también puede evitar la adsorción de agua de lluvia que puede aumentar el peso. La resistencia a la abrasión puede cumplir los requisitos de colisión y oscilación, y también evitar que el cuerpo flotante 200 sea rayado por objetos naturales tales como ramas y similares.

Continuando con referencia a las Figuras 5-3 y 5-4, el cuerpo flotante 200 tiene una superficie externa lateral interna 200b que mira hacia la torre 100, y una superficie externa lateral externa 200a alejada de la torre 100. La superficie exterior lateral interna 200b está provista de una pluralidad de elastómeros capaces de exprimir la torre 100. El elastómero en la presente memoria puede ser un cuerpo sólido hecho de un material elástico, o una cavidad. En el caso de que el elastómero sea una cavidad, se puede sellar un gas en la cavidad. En esta

realización, se proporcionan esferas elásticas 203, una parte de (puede ser la mitad u otras relaciones, y la mitad de la exposición se toma como ejemplo en la presente solución) las esferas elásticas 203 se exponen en la superficie externa del lado interno 200b del cuerpo flotante 200, que se define como una porción expuesta 203b, y la porción expuesta 203b forma el elastómero. La otra parte de las esferas elásticas 203 se fija dentro de la cavidad anular del cuerpo flotante 200, que se define como una porción oculta 203a.

Con referencia a las Figuras 16 a 20, la Figura 16 es una vista esquemática que muestra el flujo de aire en diferentes posiciones del cuerpo flotante en la Figura 4 cuando el cuerpo flotante flota; La Figura 17 es una vista esquemática parcialmente ampliada que muestra una porción II en la Figura 16; La Figura 18 es una vista esquemática que muestra una parte de una superficie exterior lateral interna 200b del cuerpo flotante 200 en la Figura 4 desplegada, en la que una esfera elástica 203 no está apretada; La Figura 19 es una vista esquemática que muestra la esfera elástica 203 en la Figura 18 cuando se comprime; y la Figura 20 es una vista esquemática parcialmente ampliada que muestra una porción III en la Figura 19.

Como se muestra en la Figura 18, las esferas elásticas 203 se distribuyen a lo largo de las direcciones circunferenciales y de altura completas de la superficie exterior lateral interna 200b de la torre 100, es decir, una pluralidad de filas de esferas elásticas 203 están dispuestas a lo largo de la dirección circunferencial. La esfera elástica 203 incluye la porción expuesta 203b. Las esferas elásticas 203 están dispuestas para permitir que se forme un canal de flujo R entre dos filas adyacentes de porciones expuestas 203b, es decir, las esferas elásticas 203 están preferentemente dispuestas regularmente para formar un canal de flujo R sustancialmente recto, que facilita el paso del flujo de aire.

Como se muestra en la Figura 17, cuando el flujo entrante a barlovento pasa a través del cuerpo flotante 200, una parte del flujo de aire se inclina hacia abajo después de fluir a lo largo del borde frontal 201 (un área G-A-B mostrada en la figura) para pasar a través del área C-D-E-F, una parte del flujo de aire fluye hacia la parte posterior de la torre 100, y aún una parte del flujo de aire puede ser succionada de abajo hacia arriba en el espacio anular S entre el cuerpo flotante 200 y la pared exterior de la torre 100 (entendiendo esto junto con la Figura 5-2), y fluye hacia arriba desde la separación S, es decir, el flujo de aire H que se muestra en la figura. El flujo de aire H fluye a lo largo del canal de flujo convergente-divergente R que se muestra en las Figuras 18 a 20. Como se muestra en la Figura 20, se forma una unidad de canal de flujo entre las porciones expuestas 203b de seis esferas elásticas 203. Cuando el flujo entrante a barlovento actúa sobre el cuerpo flotante 200, una porción del cuerpo flotante 200 en una dirección correspondiente a la fuerza de actuación puede toparse contra la pared exterior de la torre 100, entonces la pared exterior de la torre 100 puede comprimirse, y luego el canal de flujo convergente-divergente R entre las porciones expuestas 203b puede convertirse de un estado en la Figura 18 a un estado en la Figura 19, por lo que el canal de flujo se vuelve más estrecho.

Se puede entender que, cuando las porciones expuestas 203b de las esferas elásticas 203 se comprimen contra la pared exterior de la torre 100, la separación S correspondiente en esta posición se divide realmente en una pluralidad de filas de los canales de flujo R convergentes-divergentes mediante la pluralidad de filas de porciones expuestas 203b en esta posición.

Como se muestra en la Figura 20, en la dirección circunferencial, la separación entre las partes expuestas 203b de dos esferas elásticas adyacentes 203 se estrecha, y el aire entre ellas se comprime, y el canal de flujo convergente-divergente R formado aquí es como un canal de flujo interno de una boquilla convergente-divergente. Como se muestra en la Figura 20, comenzando desde una entrada, un canal de flujo convergente R1 (el canal de flujo se estrecha), una garganta R2 (un ancho del canal de flujo prácticamente no cambia) y un canal de flujo divergente R3 (el canal de flujo es ensanchado) se ordenan en secuencia, y luego, un canal de flujo convergente R1, una garganta R2 y un canal de flujo divergente R3 se arreglan adicionalmente, es decir, el canal de flujo convergente-divergente R se define para incluir secciones de canal de flujo de convergencia y divergencia. Esta estructura puede estrechar el canal de flujo original por medio del procedimiento de compresión, y en el procedimiento de estrechamiento, la compresión elástica y la compresión adiabática se

realizan al flujo de aire y, por lo tanto, el flujo de aire se acelera. Cuando el cuerpo flotante 200 tiene una porción de cola relativamente larga 202, el flujo de aire en todas las direcciones de la circunferencia del cuerpo flotante 200 puede acelerarse realmente durante el procedimiento de oscilación, que no se limita a la posición del borde frontal 201.

5 El flujo de aire H comprimido del canal de flujo convergente-divergente R tiene una función de "soplado" para la capa límite de la porción superior de la torre 100 (es decir, el canal de flujo convergente-divergente R se extiende hacia arriba y hacia abajo), interfiriendo de esta forma el flujo de aire que fluye alrededor de la pared de la parte superior de la torre 100, destruyendo la capa límite en esta posición, suprimiendo y destruyendo la formación de 10 la calle de vórtices de Kármán y suprimiendo la vibración lateral de la torre 100, es decir, suprimiendo la vibración inducida por vórtice. La intención de la presente solicitud es utilizar completamente la fuerza natural, para lograr un efecto óptimo de perturbación y destrucción del flujo de aire sobre la premisa de la protección del medio ambiente, para suprimir la ocurrencia del fenómeno de calle de vórtices de Kármán, a fin de obstaculizar la 15 ocurrencia de vibraciones inducidas por vórtices o reducir la vibración.

15 Como se describió anteriormente, un propósito de proporcionar las esferas elásticas 203 en la presente memoria es comprimir contra la pared exterior de la torre 100 para formar un canal de flujo convergente-divergente, para acelerar el flujo de aire que entra entre la pared exterior de la torre 100 y el cuerpo flotante 200. Por lo tanto, las 20 esferas elásticas 203 pueden llenarse con gas, pero para garantizar la seguridad de la compresión, las esferas elásticas 203 pueden llenarse con un gas seguro que no pueda explotar, como el helio.

25 Además, toda la esfera elástica 203 proporcionada en la presente memoria está solo parcialmente expuesta, e ademá s incluye una porción oculta 203a oculta dentro del cuerpo flotante 200. Cada una de las esferas elásticas 203 es independiente, y cuando las esferas elásticas 203 se comprimen, el gas dentro de la porción expuesta 203b se mueve hacia la porción oculta 203a, un espacio de actividad de una sola esfera elástica 203 se agranda, para construir un canal de flujo convergente-divergente, que acelera el flujo de aire con la ayuda de la energía durante el procedimiento de colisión. Por supuesto, también se puede formar una pluralidad de hemisferios o 30 esferas parciales de otras proporciones en la superficie externa lateral interna 200b del cuerpo flotante 200. Además, el elastómero no está limitado a la esfera elástica 203. La forma de la esfera en la presente memoria facilita la formación del canal de flujo convergente-divergente durante la compresión, por lo tanto, el elastómero 35 puede ser un elipsoide, un cuerpo triangular o similar. De hecho, cuando las esferas elásticas 203 no se comprimen, el canal de flujo convergente-divergente R también se forma entre dos filas adyacentes de esferas elásticas 203. Sin embargo, un ancho del canal de flujo convergente-divergente R es grande, y hay una separación entre el canal de flujo convergente-divergente R y la pared exterior de la torre 100, por lo tanto, el 40 canal de flujo convergente-divergente R es un canal de flujo abierto, cuyo efecto acelerador no es tan obvio como el de un estado comprimido.

45 Con referencia a la Figura 5-2, en el borde frontal 201 del cuerpo flotante 200, la densidad de las esferas elásticas 203 es menor que la densidad de las esferas elásticas 203 en otras posiciones. El borde frontal 201 del cuerpo flotante 200 está orientado hacia el flujo entrante a barlovento, las esferas elásticas 203 están sujetas a una mayor fuerza de compresión, lo que conduce a una mayor deformación, por lo que la densidad puede ser 50 pequeña. Las esferas elásticas 203 en otras posiciones están sujetas a una fuerza de compresión relativamente pequeña, lo que conduce a una pequeña deformación, para formar un canal de flujo convergente-divergente R relativamente adecuado, la densidad puede ajustarse para que sea relativamente grande.

55 Con referencia a la Figura 17, se puede apreciar que, la sección transversal del orificio pasante central 207 del cuerpo flotante 200 gradualmente se vuelve más pequeña de abajo hacia arriba. Luego, cuando el flujo entrante a barlovento actúa sobre el borde frontal 201 del cuerpo flotante 200 para comprimirlo, se forma un canal convergente R' entre un lado de la porción de cola 202 y la pared exterior de la torre 100, para comprimir el flujo de aire que pasa a través de esta separación. Similar al principio del canal de flujo convergente-divergente anterior, también se puede lograr el propósito de acelerar el flujo de aire en esta posición para interferir con la capa límite en esta posición de la torre 100, suprimiendo de esta forma la vibración inducida por vórtice. Por supuesto, además de una región de la porción de cola 202, se pueden formar canales convergentes R' entre otras regiones de la posición comprimida del cuerpo flotante 200 y la pared exterior de la torre 100 (la Figura 17 muestra solo las regiones de borde frontal 201 y la porción de cola 202). Es decir, cuando el flujo entrante a barlovento actúa sobre el cuerpo flotante 200, el canal de flujo convergente-divergente R y el canal convergente R' funcionan simultáneamente para soplar aire hacia arriba para destruir el flujo alrededor de la capa límite.

60 Con referencia a las Figuras 21 a 22, la Figura 21 es una vista esquemática ampliada que muestra un dispositivo de recuperación con el cuerpo flotante recuperado 200 en la Figura 4; y la Figura 22 es una vista superior que muestra el cuerpo flotante 200 en la Figura 21.

65 El cuerpo flotante 200 en esta realización tiene una superficie de empalme 200c, y se puede formar una forma anular completa después del empalme y bloqueo a lo largo de la superficie de empalme 200c. Como se muestra en la Figura 22, en la posición de la superficie de empalme 200c, el cuerpo flotante 200 puede empalmarse y bloquearse para formar una forma anular, o puede desbloquearse y abrirse para convertirse en una forma anular

abierta. La disposición de la superficie de empalme 200c facilita el revestimiento de la torre 100 y también facilita la recuperación.

5 La cavidad anular del cuerpo flotante 200 se puede inflar, y se puede proporcionar un núcleo de válvula 204. El núcleo de la válvula 204 se comunica con una tubería interna 205 del cuerpo flotante 200 para lograr la inflación y la deflación.

10 Como se muestra en la Figura 21, se instala una góndola 400 en la parte superior de la torre 100, y se instala un rotor 500 fuera de la góndola 400. Un dispositivo de recolección de gas 401 está además dispuesto dentro de la góndola 400, y se proporciona un tubo de recuperación 403. Un fondo de la góndola 400 está provisto de una 15 abertura de recuperación 402, y el tubo de recuperación 403 pasa a través de la abertura de recuperación 402. Un extremo del tubo de recuperación 403 está conectado al núcleo de válvula 204 del cuerpo flotante 200 fuera de la góndola 400, y el otro extremo del tubo de recuperación 403 está conectado al dispositivo de recolección de gas 401 dentro de la góndola 400, de modo que el gas en el cuerpo flotante 200 puede recuperarse hacia el dispositivo colector de gas 401. Es decir, cuando no se requiere el uso del cuerpo flotante 200, el tubo de recuperación 403 se puede insertar en el núcleo de la válvula 204, para descargar el gas lleno en la cavidad anular del cuerpo flotante 200, para facilitar el levantamiento del cuerpo flotante 200 y la recuperación del cuerpo flotante 200 en la góndola 400 desde la abertura de recuperación 402 de la góndola 400.

20 Como se describió anteriormente, para aumentar la fuerza de flotabilidad, el cuerpo flotante 200 puede llenarse con un gas que tiene una densidad menor que la densidad del aire, tal como hidrógeno, helio o similares. El gas puede reciclarse después de la recuperación para ahorrar recursos y reducir costos. El cuerpo flotante 200 puede estar hecho de un material plegable, de modo que cuando el gas se descarga para su recuperación, el cuerpo flotante 200 puede plegarse, lo que facilita el almacenamiento y reduce un espacio ocupado.

25 El cuerpo flotante 200 anterior tiene la superficie de empalme 200c. En este caso, también se puede proporcionar una cerradura electrónica inalámbrica 206, y las superficies de unión 200c están bloqueadas por la cerradura electrónica inalámbrica 206 para formar una forma anular completa. Mientras tanto, se proporciona un control remoto en la góndola 400 para controlar de forma inalámbrica la cerradura electrónica. Por lo tanto, 30 durante la recuperación, la cerradura electrónica inalámbrica 206 se puede abrir de forma remota en la góndola 400, de modo que el cuerpo flotante 200 puede abandonar la torre 100 y elevarse y recuperarse en la góndola 400. Por supuesto, el control remoto también se puede proporcionar en el suelo o en la parte inferior dentro de la torre 100, para que el operador pueda controlarlo más convenientemente.

35 El dispositivo de recolección de gas 401, el controlador remoto y similares se proporcionan todos en la góndola 400. Dado que la porción superior de la torre 100 tiene la máxima demanda de supresión de vibraciones, el cuerpo flotante 200 está diseñado preferentemente para flotar hasta la parte superior de la torre 100, lo que facilita la operación práctica de recuperar el cuerpo flotante 200 en la góndola 400 en la parte superior de la torre.

40 El cuerpo flotante 200 que rodea la torre 100 se puede usar durante una fase de elevación de la torre 100.

Como se muestra en la Figura 23, la Figura 23 es una vista esquemática que muestra una vibración de cabeceo de la torre 100; y la Figura 24 es una vista esquemática que muestra un procedimiento de montaje de la torre 100 con la góndola 400 cuando se suprime la vibración después de proporcionar el cuerpo flotante 200.

45 Cuando no se proporciona el cuerpo flotante, similar a la descripción en los antecedentes, puede producirse una vibración inducida por vórtice en la torre 100. La Figura 23 muestra que después de que se completa el levantamiento de toda la torre 200, se produce una vibración de cabeceo de toda la torre 100 bajo el efecto del flujo entrante a barlovento, y los pernos en la posición de la base de cimentación 300 pueden dañarse. De hecho, 50 durante el procedimiento de elevación de la torre 100, la sección de torre instalada también puede vibrar, dando como resultado la dificultad de instalar la sección de torre por encima de esta sección de torre instalada. Después de terminar el levantamiento de la torre 100, la góndola 400 y el rotor 500 por encima de la torre 100 son difíciles de instalar.

55 Como se muestra en la Figura 24, después de que se proporciona el cuerpo flotante 200, se suprime la vibración de la torre 100, lo que evita la vibración o reduce la amplitud de la vibración, y por lo tanto evita daños a los pernos de conexión u otros sujetadores, asegurando de esta forma la confiabilidad de la instalación, reduciendo el impacto del clima en la construcción, acortando en gran medida el período de construcción, reduciendo los costos de construcción y también mejorando la seguridad de la construcción.

60 Específicamente, en la construcción, cuando se levanta la primera sección de torre, el cuerpo flotante 200 puede estar dispuesto para rodear la primera sección de torre 101. Sin embargo, como se describió anteriormente, una fuerza destructiva de la vibración se realiza principalmente en una posición superior que tiene una altura relativamente grande. Por lo tanto, en términos de la Figura 24, en el caso de que la torre se levante en secciones, el cuerpo flotante 200 puede proporcionarse para rodear la sección de torre comenzando desde la

tercera sección de torre 103 o la cuarta sección de torre 104, y en un caso en el que se proporciona un cuerpo flotante 200 que tiene una función flotante, el cuerpo flotante puede flotar automáticamente hasta una sección de torre de alto nivel, para suprimir continuamente la vibración. Después de terminar el levantamiento de todas las secciones de la torre, el cuerpo flotante 200 se ubica en la quinta sección de torre 105 en la parte superior de la torre 100, y la góndola 400 y el rotor 500 se instalan bajo la condición de que se suprime la vibración. Después de completar la instalación, el cuerpo flotante 200 se puede separar para recuperarlo en la góndola 400 mediante el procedimiento de recuperación anterior para su reutilización.

5 Debe observarse que, después de terminar el levantamiento de la torre 100, el cuerpo flotante 200 también 10 puede usarse continuamente sin ser recuperado, para funcionar continuamente para suprimir la vibración de la torre instalada 100. Por supuesto, la operación de recuperación se puede determinar de acuerdo con los requisitos reales.

15 En resumen, la presente solicitud se centra en los fenómenos destructivos tales como la resonancia y la calle de vórtices de Kármán que es probable que ocurran después de que la torre 100 se acople con el flujo de aire del elevador de la torre 100, debido a que el sistema de generador de turbina eólica está en el flujo de aire durante el procedimiento de instalación. Por lo tanto, es necesario construir un sistema de protección, a saber, el cuerpo flotante 200 descrito en las realizaciones, que está preinstalado alrededor de varias secciones en la porción 20 superior de la torre 100 durante la construcción de la planta de energía eólica. El cuerpo flotante 200 utiliza la fuerza natural y el flujo de aire para destruir un flujo enfilado alrededor de la torre 100, a fin de hacer que el sistema de protección cambie el flujo enfilado a y alrededor de la superficie de la torre 100, evitando la ocurrencia del fenómeno de calle de vórtices de la torre 100, evitar la amplificación de la respuesta inducida por vórtice de la torre 100 y suprimir la vibración inducida por vórtice de la torre 100.

25 El cuerpo flotante puede usarse o separarse durante la instalación o después de la instalación de acuerdo con los requisitos reales.

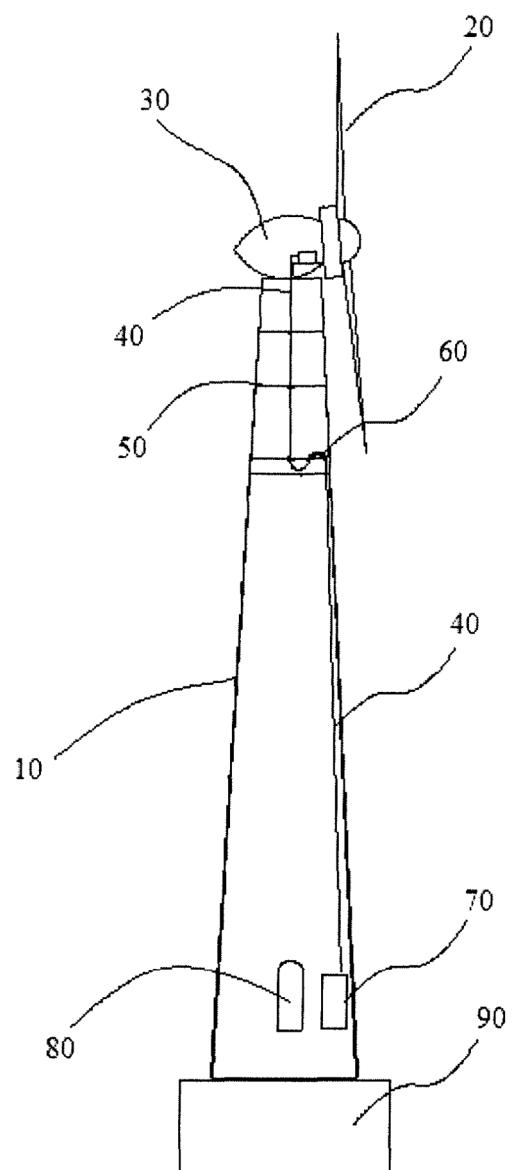
30 Las realizaciones descritas anteriormente en la presente memoria son solo realizaciones preferentes de la presente solicitud. La presente invención se define por el alcance de las reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

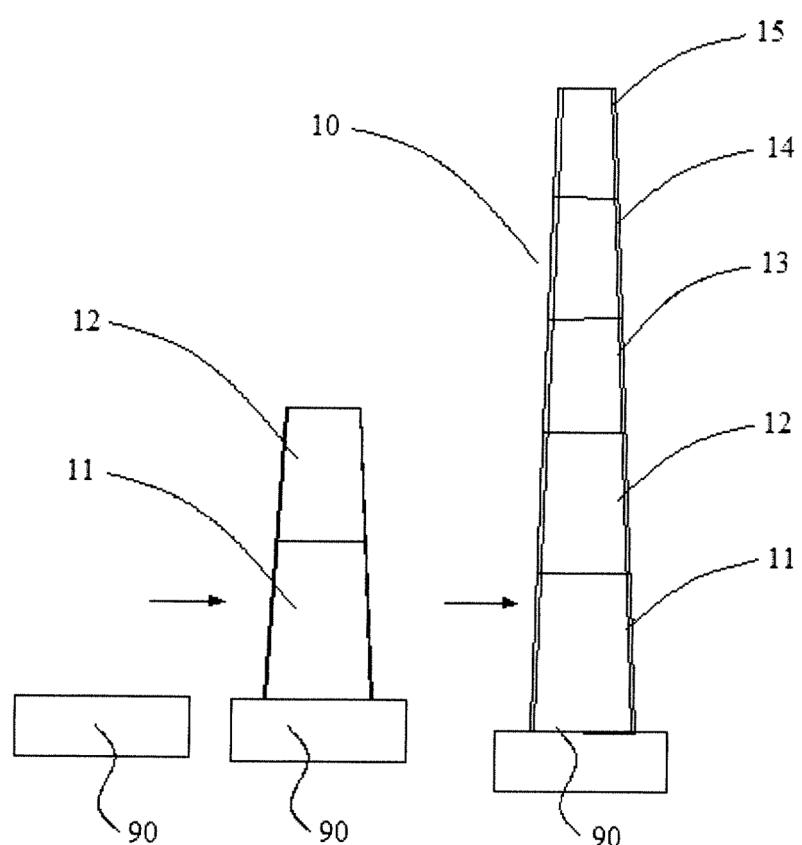
1. Un dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración de un recinto, que comprende un cuerpo flotante (200) que rodea el recinto y un dispositivo de excitación configurado para excitar el cuerpo flotante (200) para que flote hacia arriba y hacia abajo; en el que el dispositivo de excitación comprende una cuerda (600) conectada al cuerpo flotante (200);
- 5 en el que el recinto comprende una torre (100) de un sistema de generador de turbina eólica, una torre de televisión o una torre de anemómetro;
- 10 **caracterizado porque** el cuerpo flotante (200) es llenado directamente con un gas que tiene una densidad menor que la densidad del aire; el dispositivo de excitación además comprende un actuador de soga (706), un extremo de la cuerda (600) está conectado al cuerpo flotante (200), el otro extremo de la cuerda (600) está conectado al actuador de soga (706); el actuador de soga (706) controla la cuerda (600) para extenderse y retraerse, a fin de excitar activamente el cuerpo flotante (200) para que flote hacia arriba y hacia abajo; y además comprende:
- 15 una plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento (800) sobre la cual está dispuesto el actuador de soga (706),
- una pista (803) fijada en una base de cimentación (300) o en el recinto, y
- 20 un motor de accionamiento (801) usado para accionar la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento (800) para que se mueva a lo largo de la pista (803), en el que la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento (800) gira alrededor del recinto cuando se mueve a lo largo de la pista (803) para permitir que sigan las cuerdas (600), el actuador de soga (706) y el cuerpo flotante (200).
- 25 2. El dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el actuador de soga (706) comprende un cabrestante enrollado alrededor de la cuerda (600) y un servomotor utilizado para controlar el cabrestante para que gire.
- 30 3. El dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende una polea, en el que la cuerda (600) está conectada al actuador de soga (706) a través de la polea, y la polea previene que la cuerda (600) traccione el cuerpo flotante (200) en dirección vertical.
- 35 4. El dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende al menos dos cuerdas (600) controladas por el mismo actuador de soga (706) para extenderse y retraerse, en el que cada una de las cuerdas (600) entra en el mismo actuador de soga (706) a través de la polea correspondiente.
- 40 5. El dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto de acuerdo con la reivindicación 4, en el que cada una de las poleas correspondientes a las cuerdas (600) comprenden una polea de guía (701, 703) y una polea de limitación de altura (702,704); después de que un lado externo de la cuerda (600) se enrolla alrededor de la polea de guía (701, 703), se cambia una dirección de la cuerda (600) para que sea paralela con una dirección de extensión y retracción controlada por el actuador de soga (706), y la cuerda (600) está conectada al actuador de soga (706) a través de la polea de limitación de altura (702,704); la polea de limitación de altura (702,704) se fija con respecto al recinto; y en el que
- 45 además comprende un anillo giratorio (705), en el que el anillo giratorio (705) atraviesa cada una de las poleas de guía (701, 703), y el anillo giratorio (705) funciona como un eje de todas las poleas de guía (701, 703).
- 50 6. El dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento (800) está provista de un contrapeso.
7. El dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende un controlador, en el que el controlador controla el actuador de soga (706) y/o el
- 55 motor de accionamiento (801) para que arranque o pare.
8. El dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto de acuerdo con la reivindicación 7, que además comprende un elemento de monitoreo de vibraciones para detectar la vibración del recinto y/o un sensor de velocidad del viento para medir la velocidad del viento en una ubicación donde se encuentra el recinto, en el que el controlador controla el actuador de soga (706) para que arranque o pare de acuerdo con una señal de vibración detectada y/o una señal de velocidad de viento detectada.
- 60 9. El dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el controlador controla, mediante el actuador de soga (706), un intervalo de extensión/retracción alternativa y una velocidad de extensión/retracción alternativa de la cuerda (600).

10. El dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto de acuerdo con la reivindicación 9, que además comprende un elemento de detección de altura (707') para detectar una altura a la que se encuentra el cuerpo flotante (200), en el que el controlador controla, de acuerdo con la altura detectada, un intervalo de extensión/retracción de la cuerda (600) accionada por el actuador de soga (706).
- 5 11. El dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto de acuerdo con la reivindicación 10, en el que al combinar un cambio de la señal de vibración después de que el cuerpo flotante (200) es impulsado por la extensión/retracción alternativa de la cuerda (600) para subir y bajar y la altura a la que se encuentra el cuerpo flotante (200), el controlador analiza una ley de control de vibración del cuerpo flotante (200) bajo una velocidad y altura de viento predeterminadas, para controlar el cuerpo flotante (200) para que determine un intervalo y una velocidad de subida y bajada de acuerdo con la velocidad del viento y la altura.
- 10 12. El dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto de acuerdo con la reivindicación 11, que además comprende un receptor inalámbrico (707) para recibir una señal del elemento de detección de altura (707'), en el que el elemento de detección de altura (707') está dispuesto en el cuerpo flotante (200), y el receptor inalámbrico (707) está dispuesto en la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento (800).
- 15 13. El dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto de acuerdo con la reivindicación 7, que además comprende un indicador de viento para detectar una dirección del viento de una ubicación donde se encuentra el recinto, en el que el controlador controla el motor de accionamiento (801) de acuerdo con la dirección del viento detectada, para hacer que la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento (800) siga al cuerpo flotante (200) para que gire;
- 20 25 o que además comprende un elemento de detección de dirección para detectar una dirección del cuerpo flotante (200), en el que el controlador controla el motor de accionamiento (801) de acuerdo con la dirección detectada del cuerpo flotante (200), para hacer que la plataforma de soporte y rotación de sistema de seguimiento (800) siga al cuerpo flotante (200) para que gire.
- 30 14. El dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el cuerpo flotante (200) tiene un borde frontal aerodinámico (201), y el borde frontal (201) puede estar orientado hacia un flujo entrante a barlovento, para permitir que el viento entrante a barlovento fluya para formar un ángulo de ataque positivo y/o un ángulo de ataque negativo; y
- 35 el cuerpo flotante (200) también tiene una porción de cola (202) opuesta al borde frontal (201), y una distancia entre el borde frontal (201) y una pared exterior del recinto es menor que una distancia entre la porción de cola (202) y la pared exterior del recinto, de modo que, bajo una acción del flujo entrante a barlovento, el borde frontal (201) puede alinearse automáticamente con el flujo entrante a barlovento.
- 40 15. El dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la cuerda (600) es una cuerda elástica, o la cuerda (600) tiene al menos una sección elástica, para recoger la energía fluctuante turbulenta del flujo entrante a barlovento, para excitar y aumentar un intervalo flotante hacia arriba y hacia abajo del cuerpo flotante (200).
- 45 16. El dispositivo de cuerpo flotante para suprimir la vibración del recinto de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el cuerpo flotante (200) es anular, tiene un orificio pasante central (207), y en la parte superior del recinto, una distancia predeterminada es provista como una separación (S) entre una pared interna del orificio pasante central (207) del cuerpo flotante (200) y la pared externa del recinto, para romper una fuerza de flotabilidad generada por el flujo entrante a barlovento, a fin de lograr el auto equilibrio.

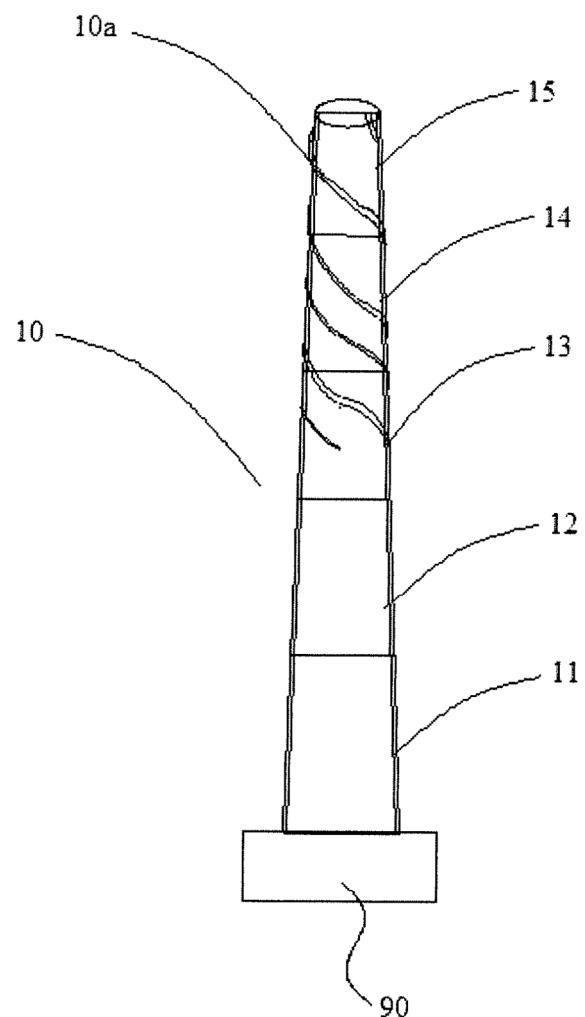
50



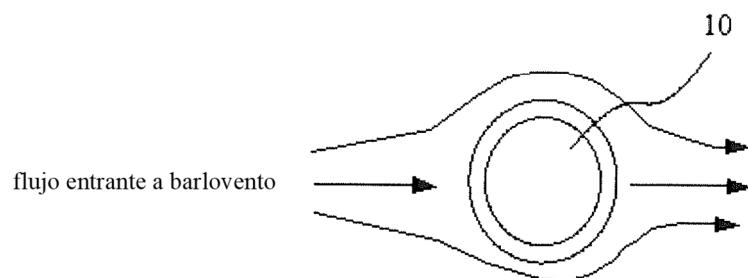
**Figura 1-1**



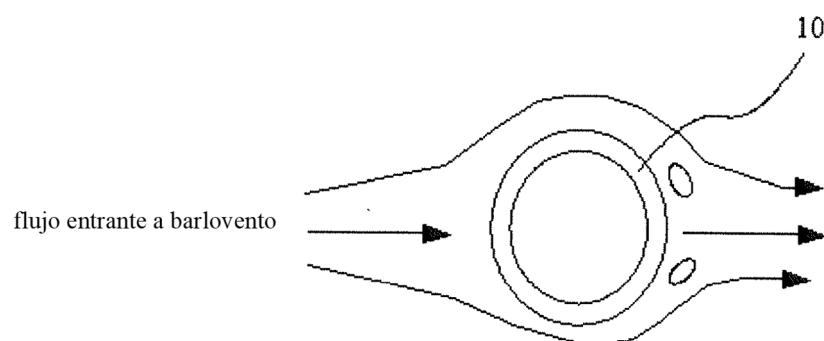
**Figura 1-2**



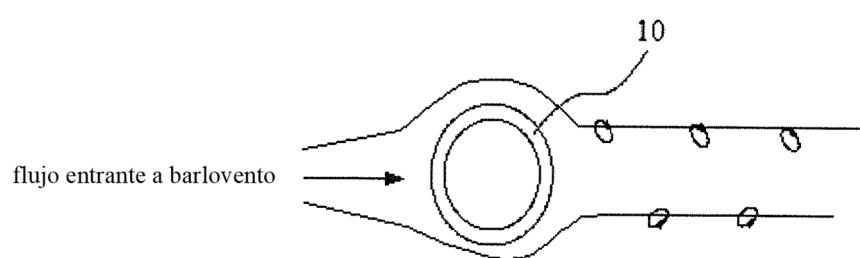
**Figura 2**



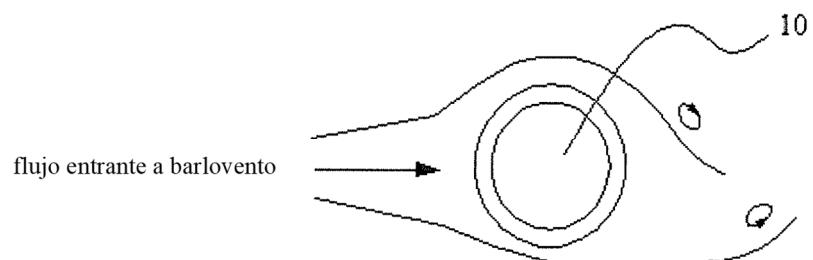
**Figura 3-1**



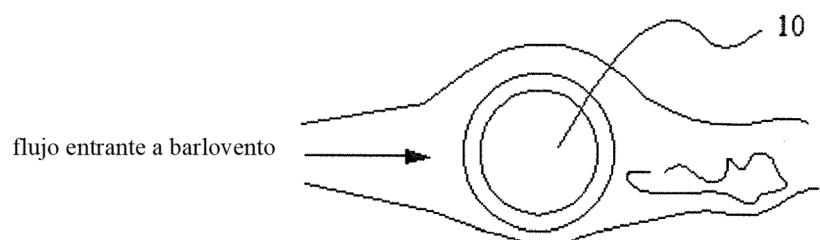
**Figura 3-2**



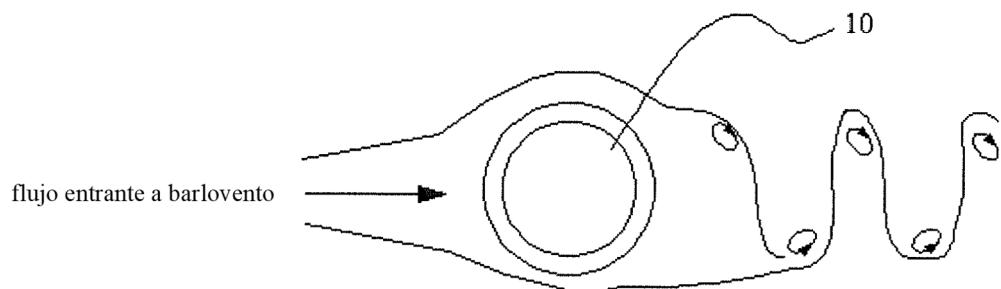
**Figura 3-3**



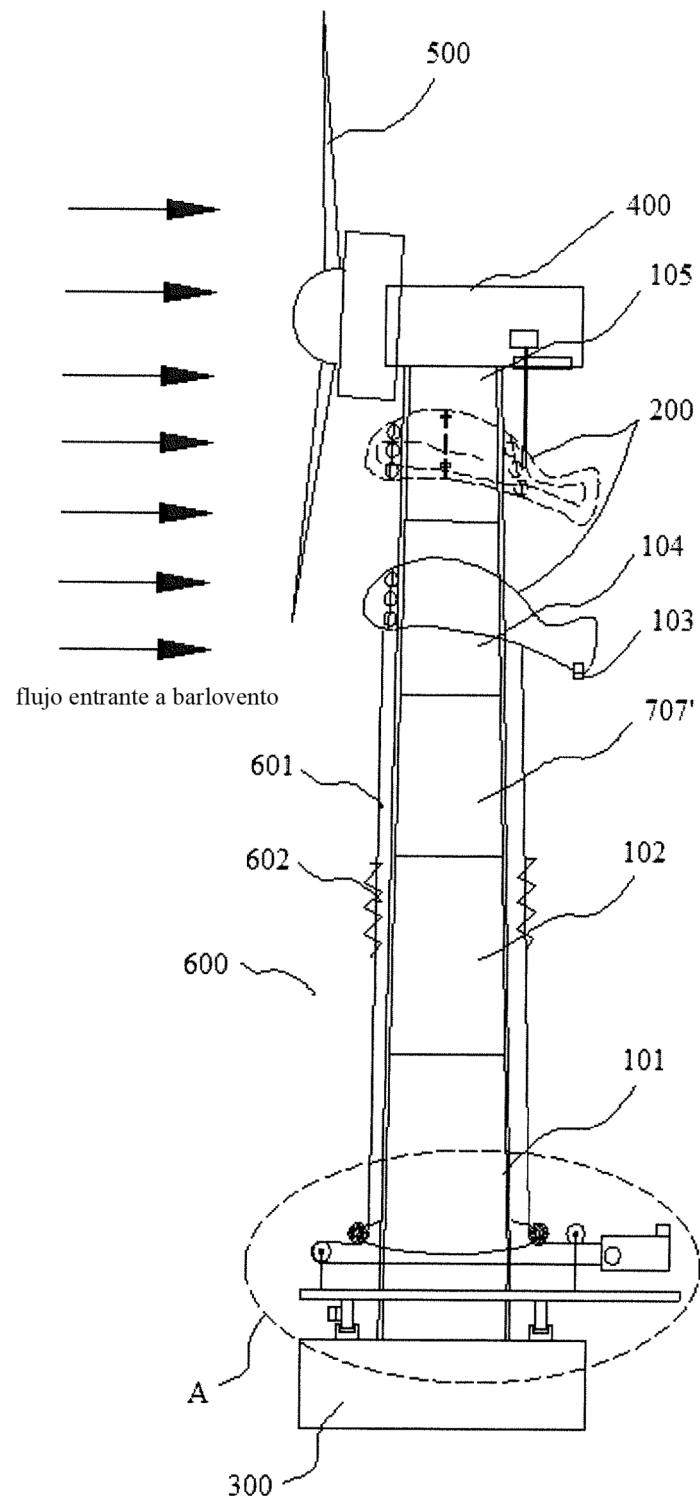
**Figura 3-4**



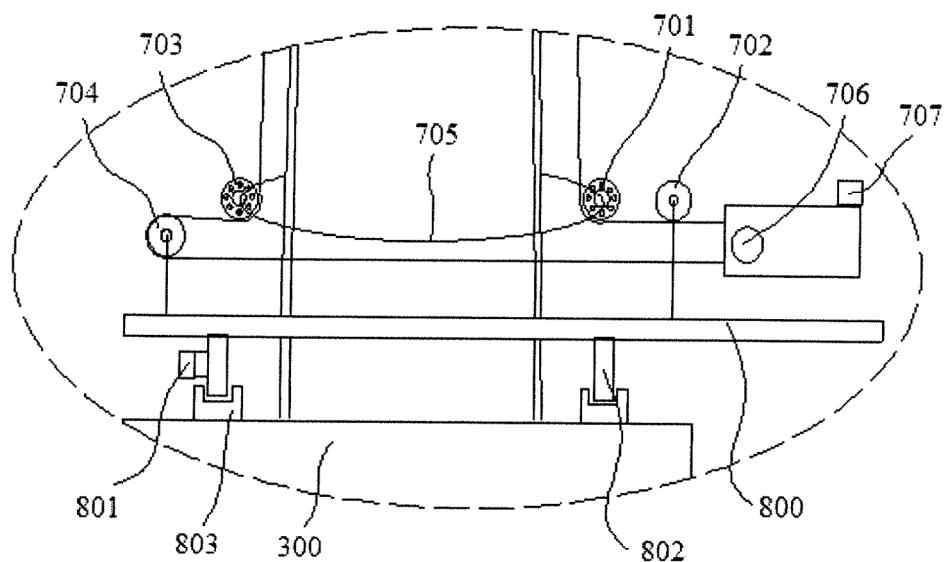
**Figura 3-5**



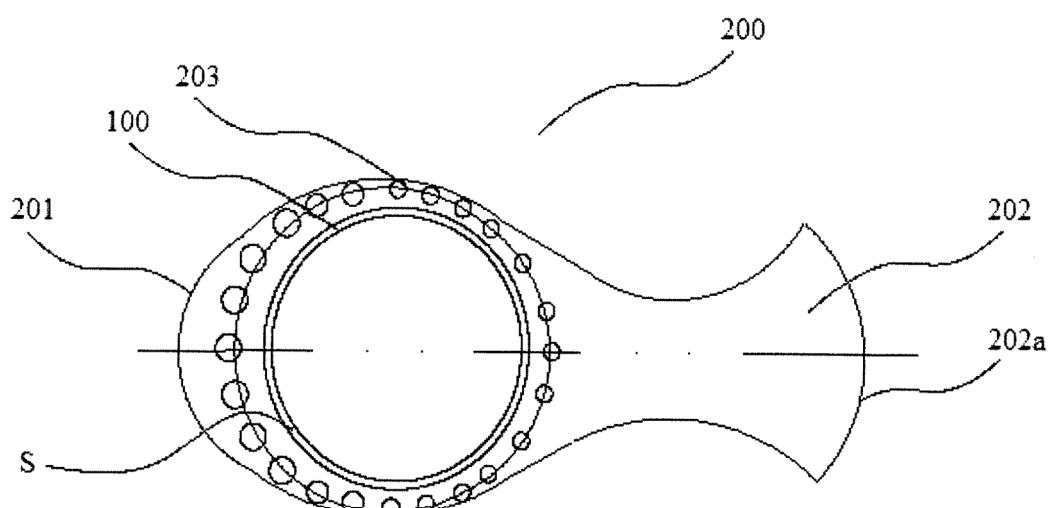
**Figura 3-6**



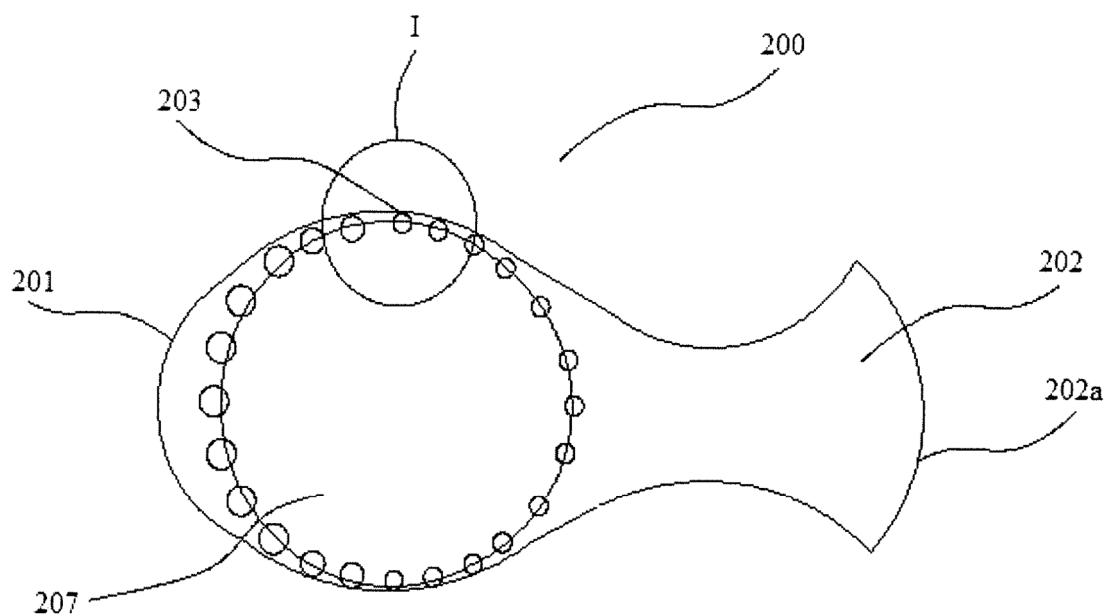
**Figura 4**



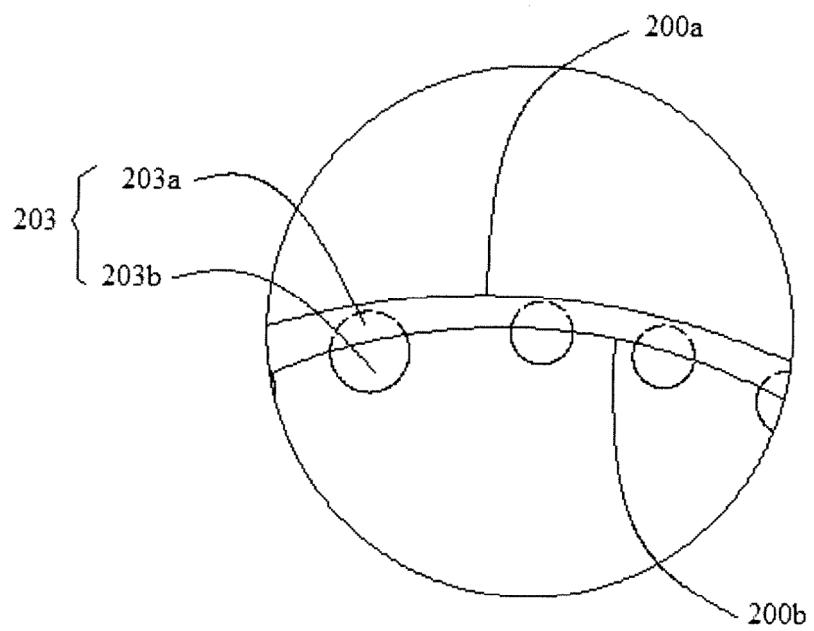
**Figura 5-1**



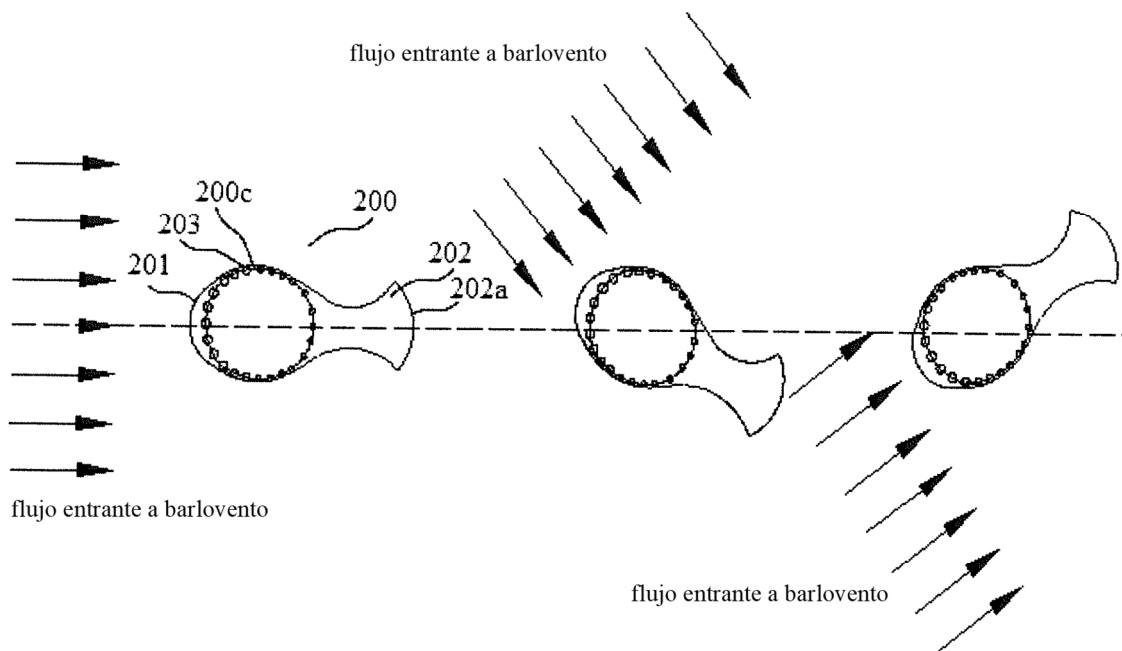
**Figura 5-2**



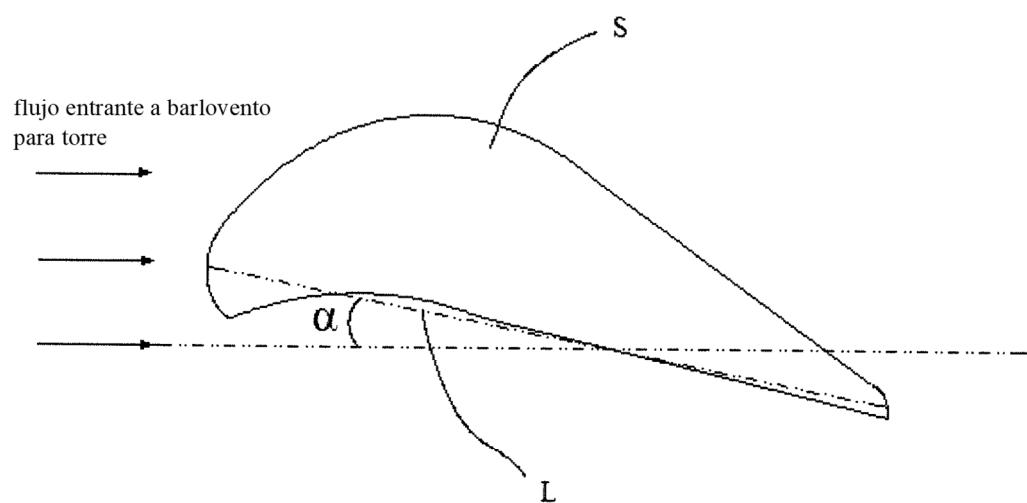
**Figura 5-3**



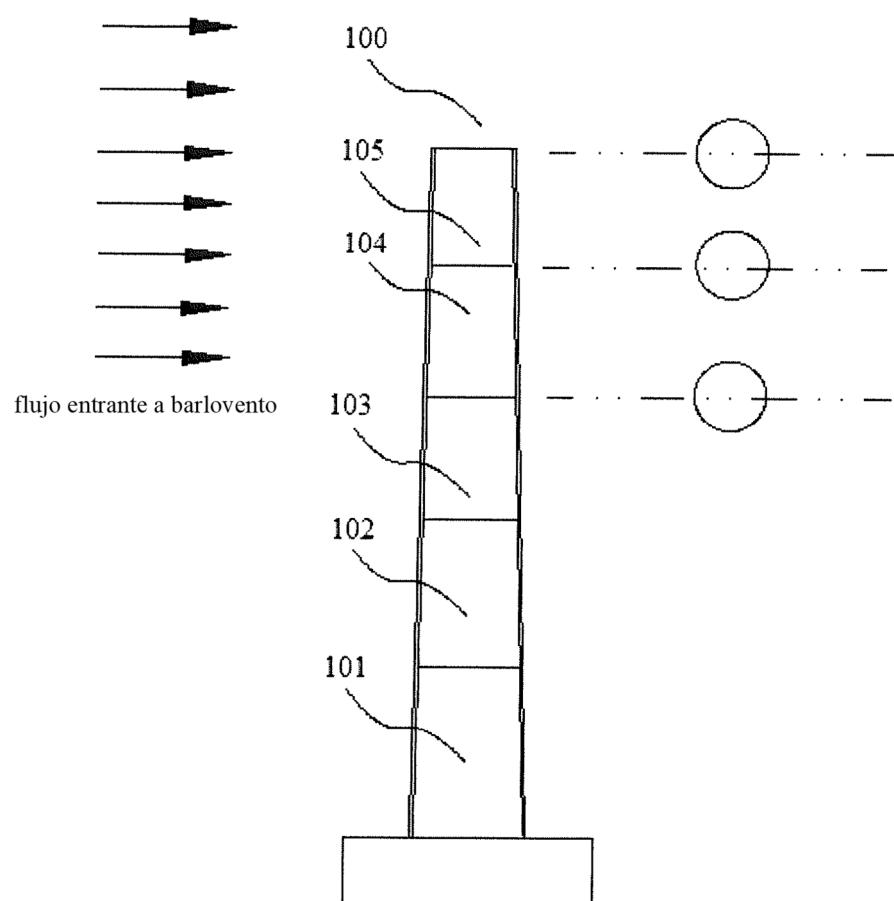
**Figura 5-4**



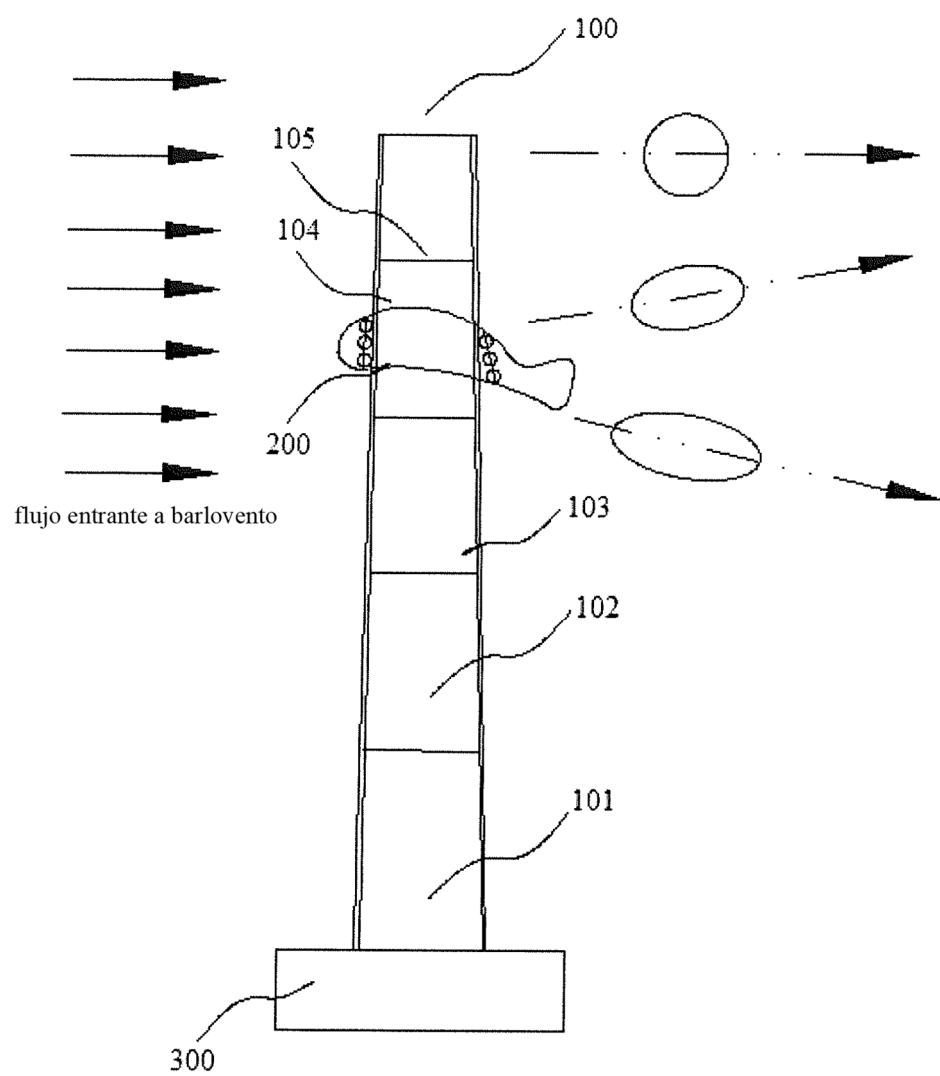
**Figura 5-5**



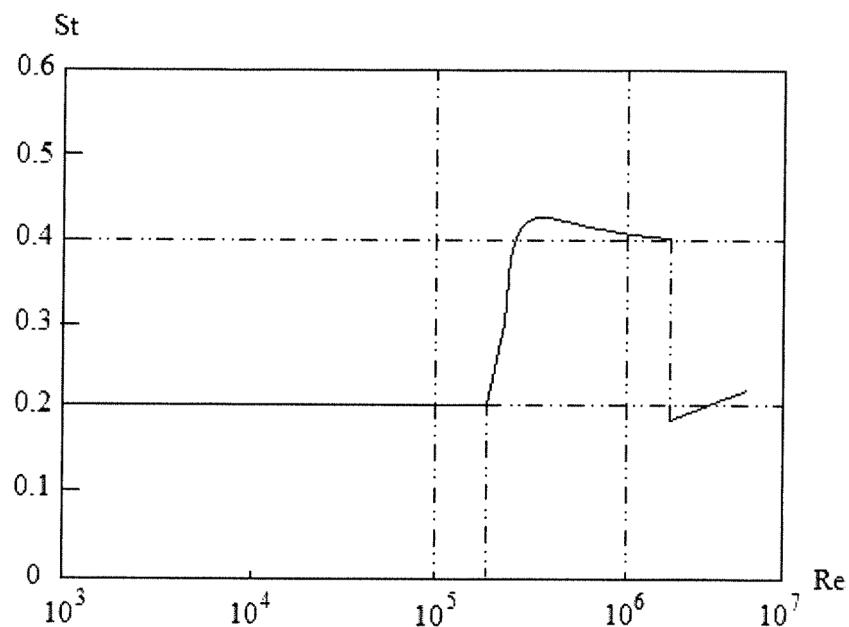
**Figura 6**



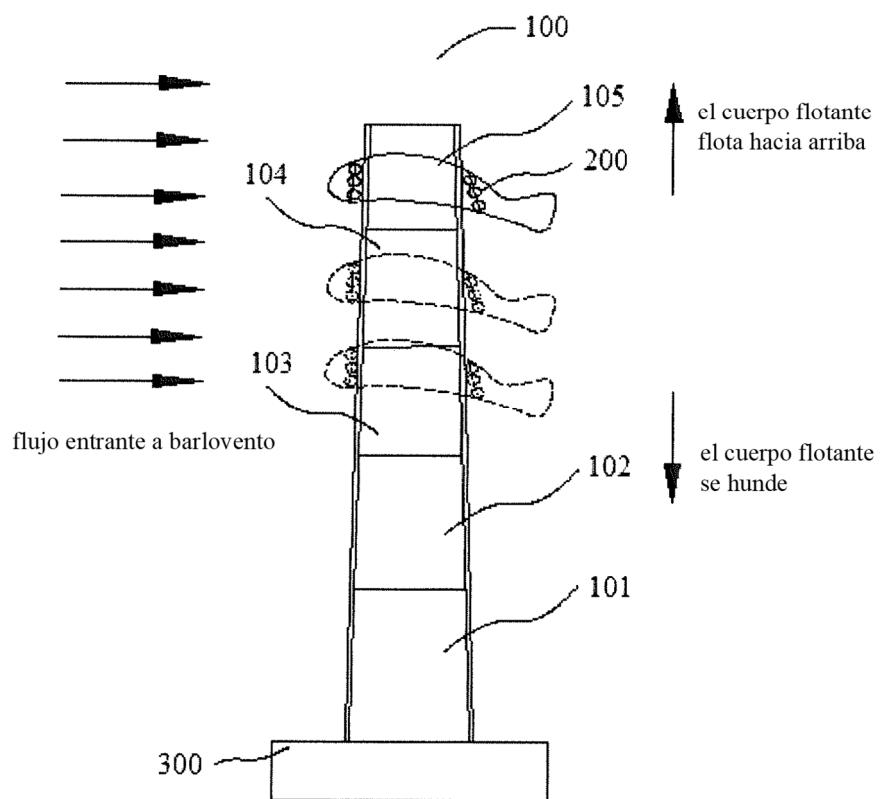
**Figura 7**



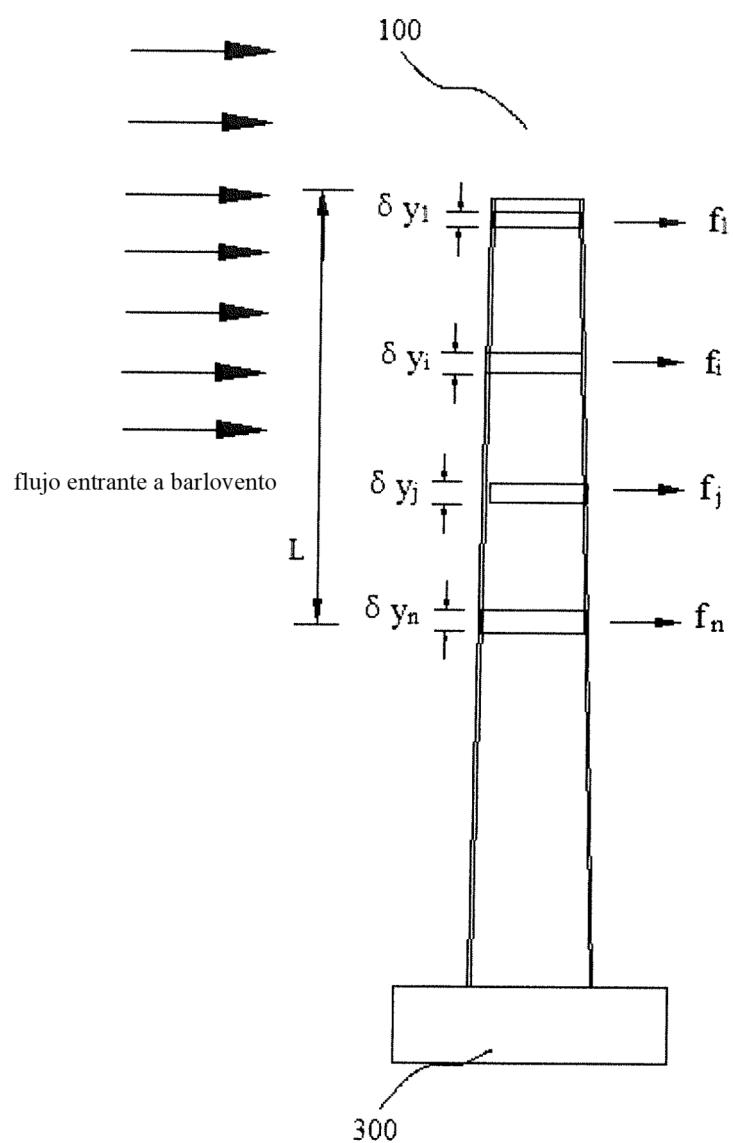
**Figura 8**



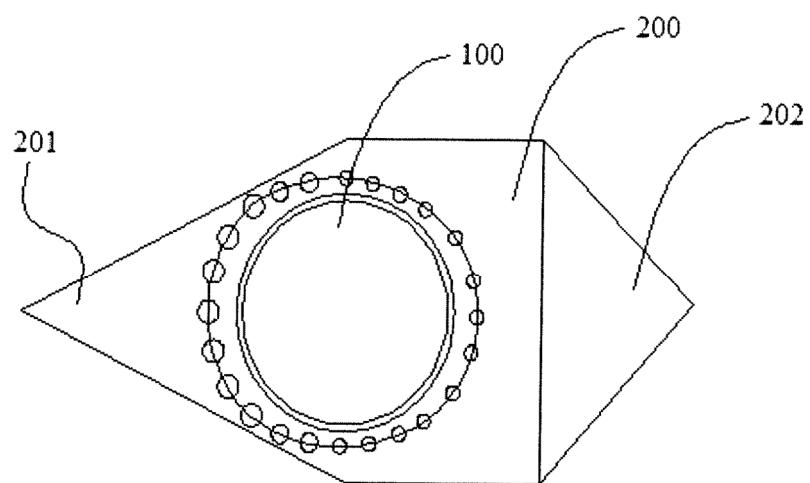
**Figura 9**



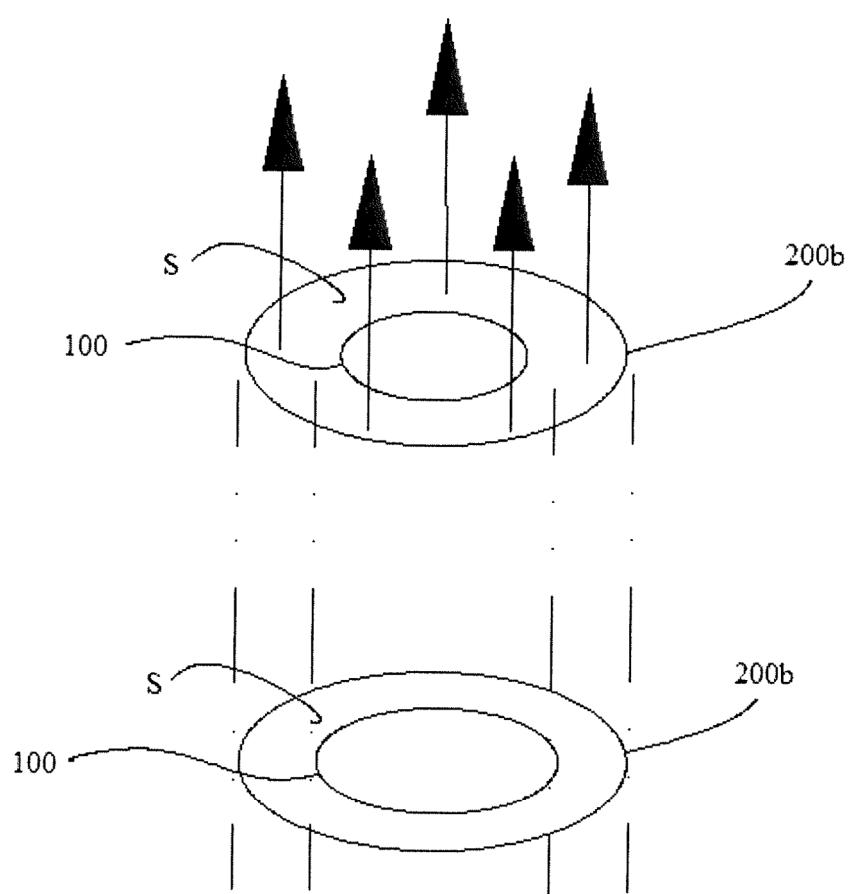
**Figura 10**



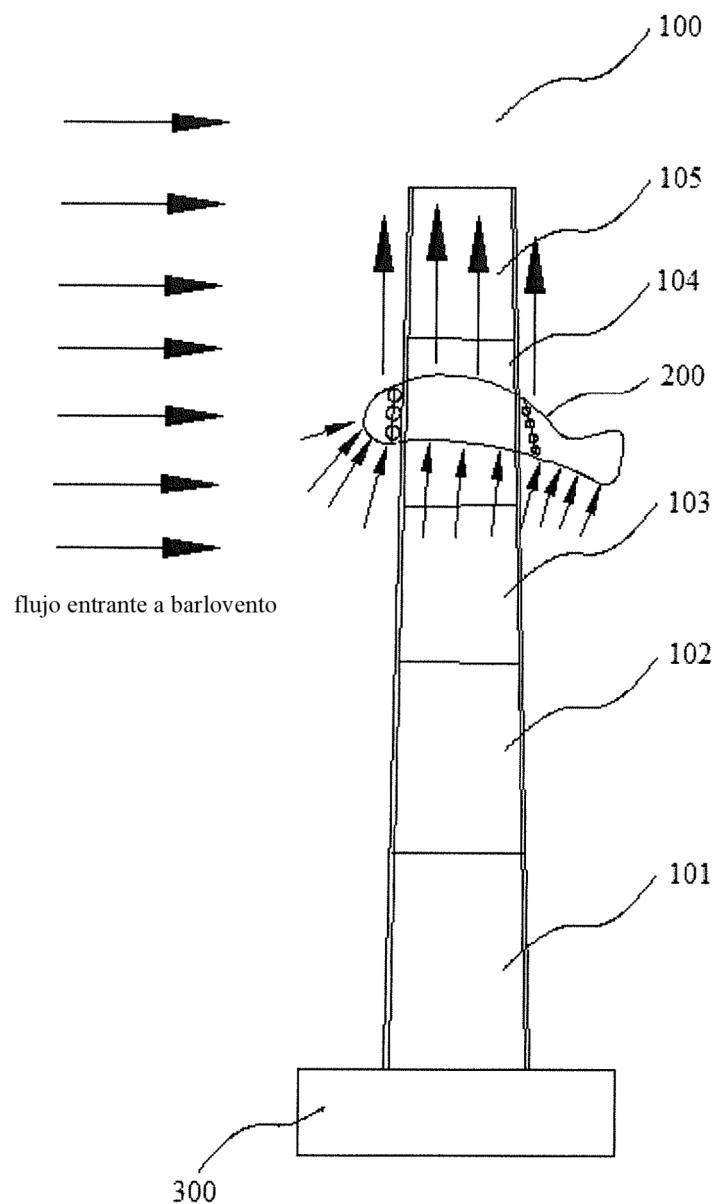
**Figura 11**



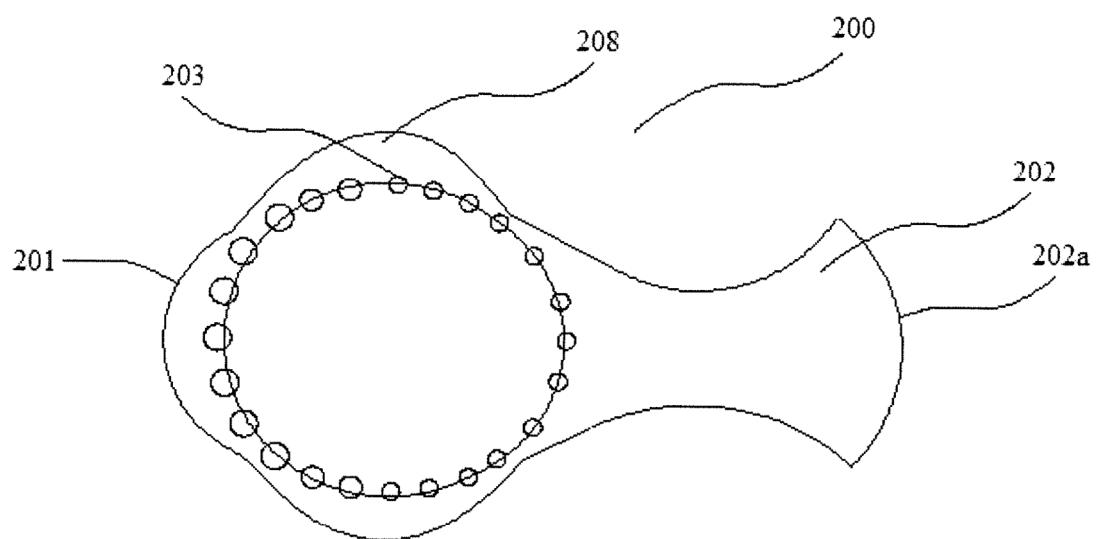
**Figura 12**



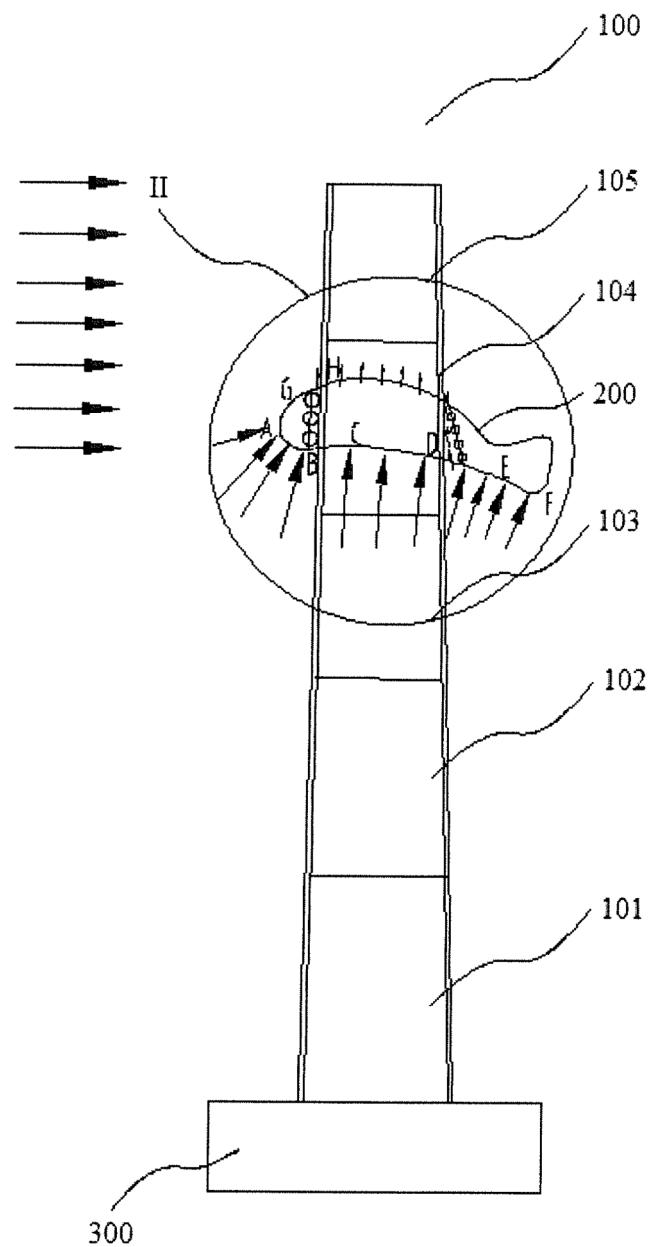
**Figura 13**



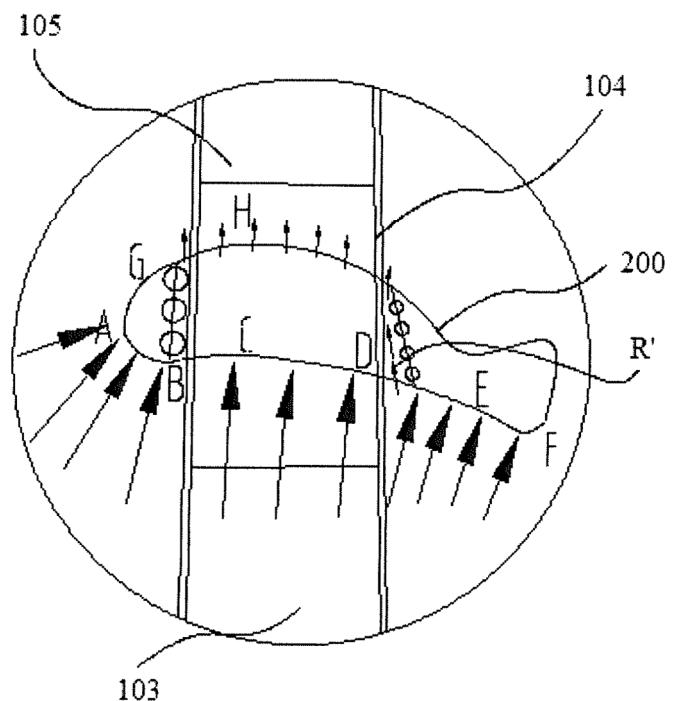
**Figura 14**



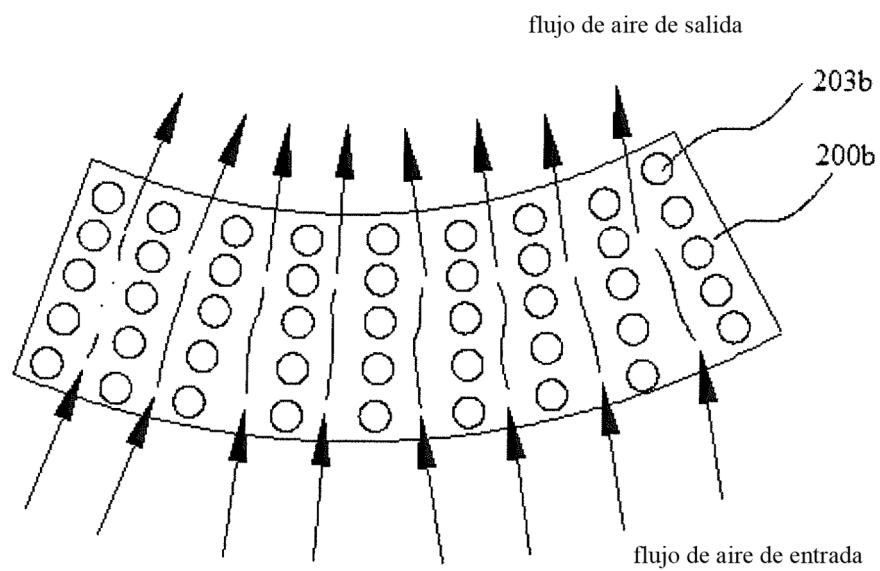
**Figura 15**



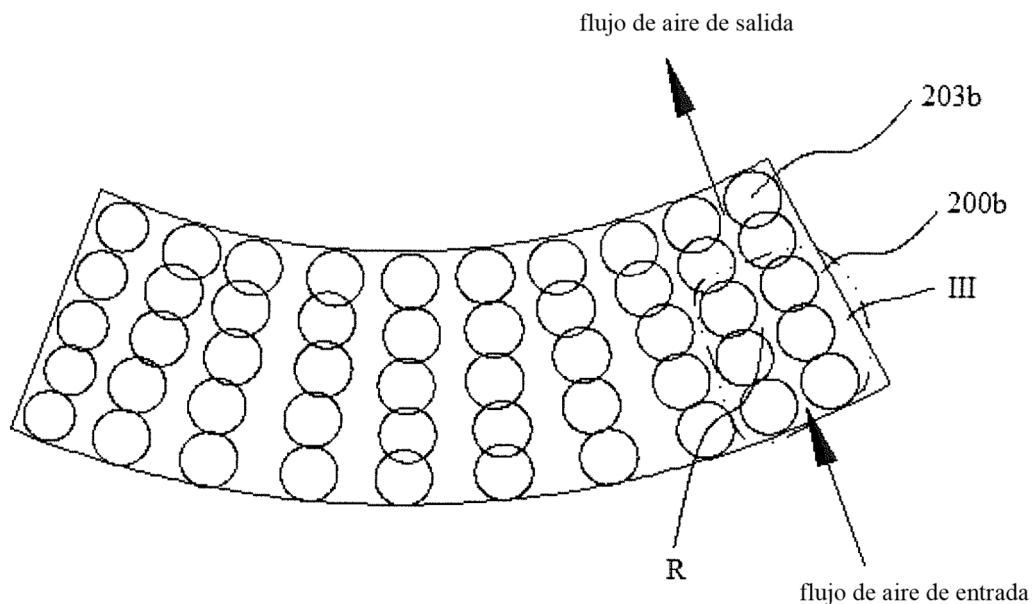
**Figura 16**



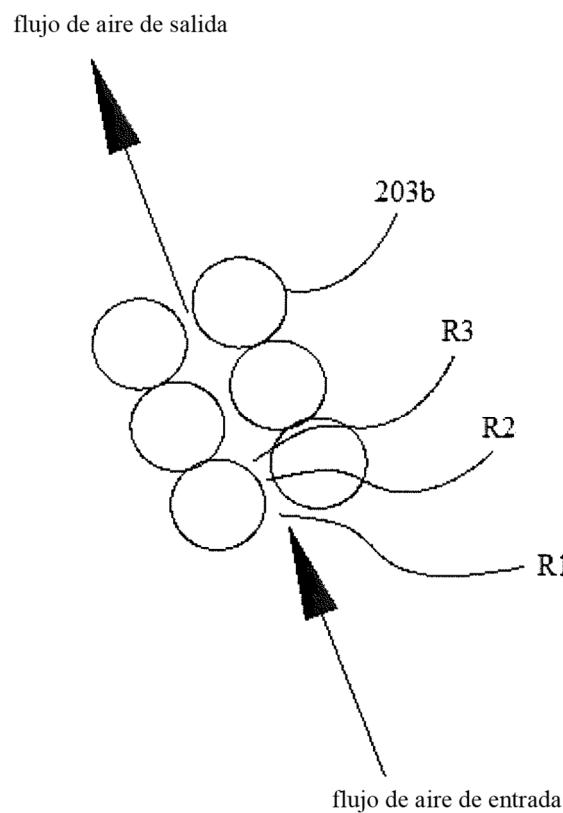
**Figura 17**



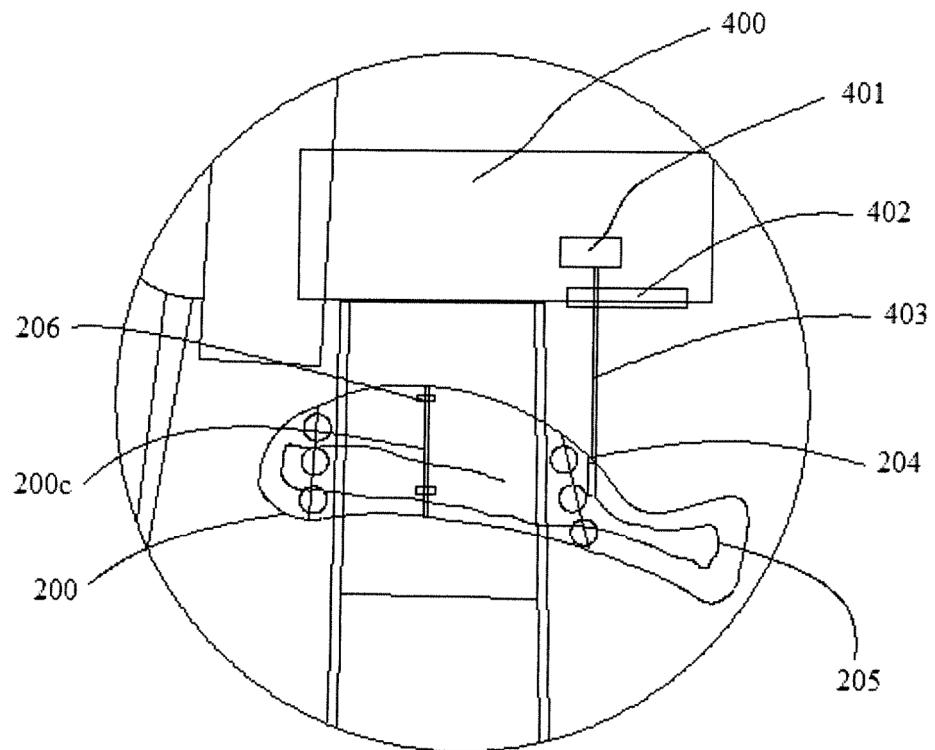
**Figura 18**



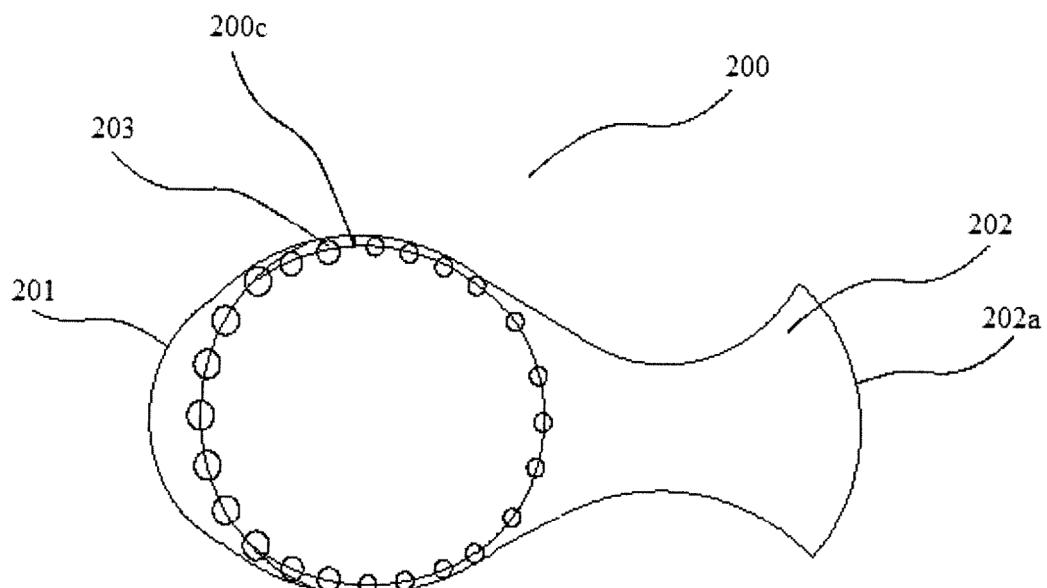
**Figura 19**



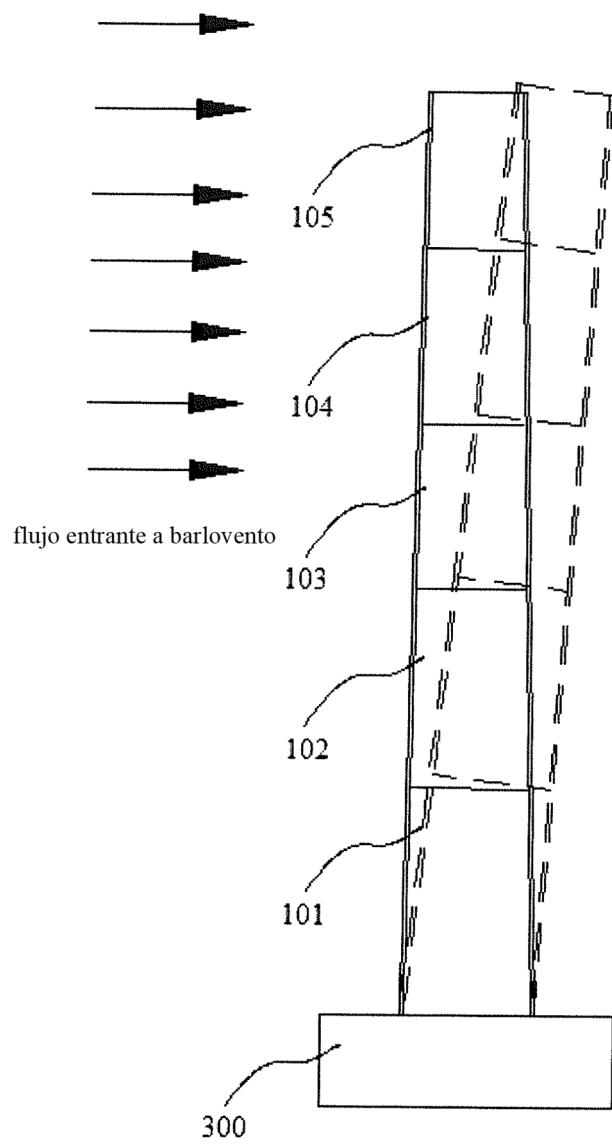
**Figura 20**



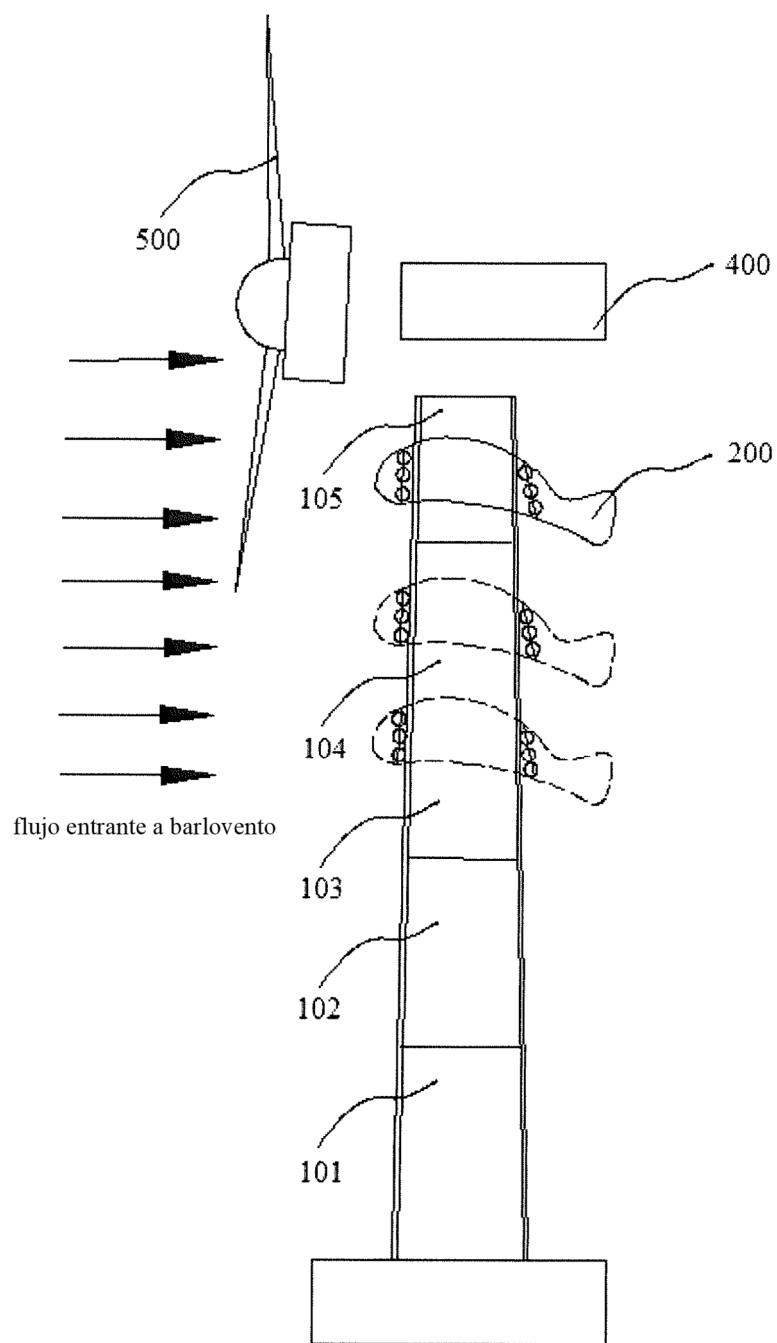
**Figura 21**



**Figura 22**



**Figura 23**



**Figura 24**